

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



AÑO 9 N° 7

INFORME TÉCNICO ENFEN

AL 09 DE MAYO

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

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

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)

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°7, mayo 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: 12 de mayo de 2023



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

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	MÉTODOS	5
2.1.	Variables	5
	Temperatura Superficial del Mar (TSM).....	6
2.2.	Índices.....	6
	Índice Costero El Niño (ICEN)	6
	Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)	7
	Índices reproductivos de anchoveta	7
2.3.	Modelos y Pronósticos	7
	Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP).....	7
	Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia	7
	Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)	8
	Modelos Climáticos de Agencias Internacionales	8
	Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto	8
III.	CONDICIONES OBSERVADAS EN HASTA 09 MAYO DE 2023	9
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	9
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales	15
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	31
3.4.	Condiciones hidrológicas.....	39
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	41
IV.	PERSPECTIVAS	42
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
VI.	REFERENCIAS	49
VII.	ANEXO.....	51

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, 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).

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

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

La TSM exhibió una tendencia al incremento en todo el Pacífico ecuatorial durante abril y los primeros días de mayo, manteniendo valores cercanos a su climatología en abril, y valores por superiores durante los primeros días de mayo en la región oriental (al este de 135°W), alcanzando anomalías positivas de 1°C (Figura 1 y Figura 2). Según los datos del producto ERSST en la región Niño 4 la anomalía varió de marzo a abril de -0,26 a 0,08°C; en Niño 3.4, de -0,11 a 0,09°C; en Niño 3, de 0,30 a 0,43°C y en Niño 1+2, de 1,48 a 2,66°C (Tabla 1).

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	
Nov. 22	20.52 -1.13	24.16 -0.94	25.80 -0.90	27.71	-0.99
Dic.	22.35 -0.46	24.41 -0.81	25.75 -0.85	27.70	-0.84
Ene.	24.00 -0.57	25.10 -0.56	25.83 -0.71	27.66	-0.66
Feb.	26.58 0.48	26.31 -0.10	26.29 -0.46	27.64	-0.55
Mar.	27.97 1.48	27.50 0.30	27.18 -0.11	28.06	-0.26
Abr. 23	28.19 2.66	28.01 0.43	27.91 0.09	28.71	0.08

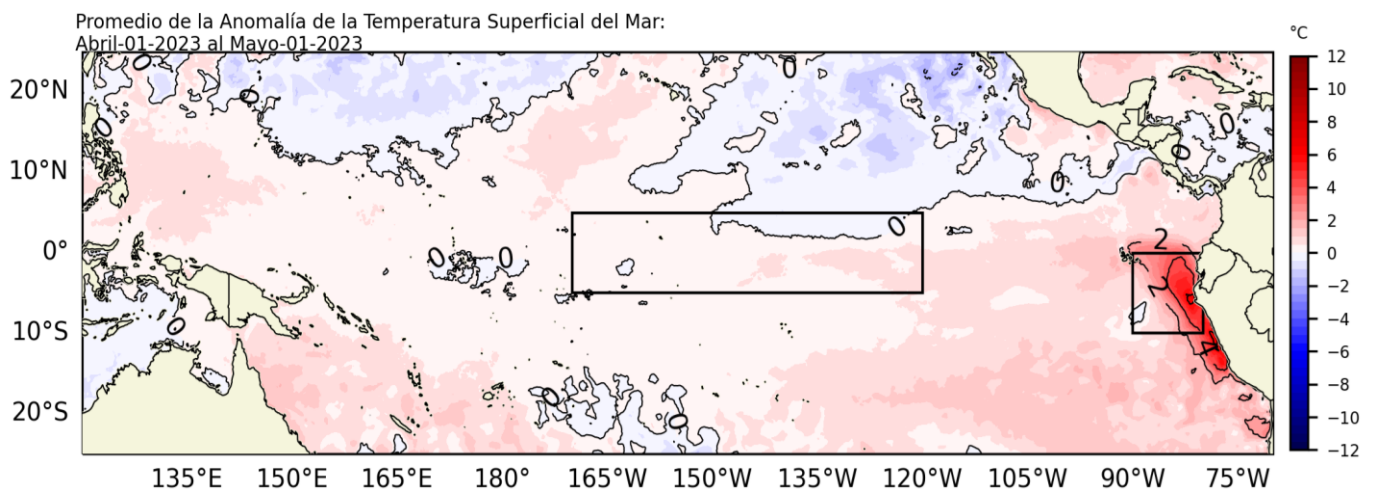


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico durante abril 2023.

Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV.

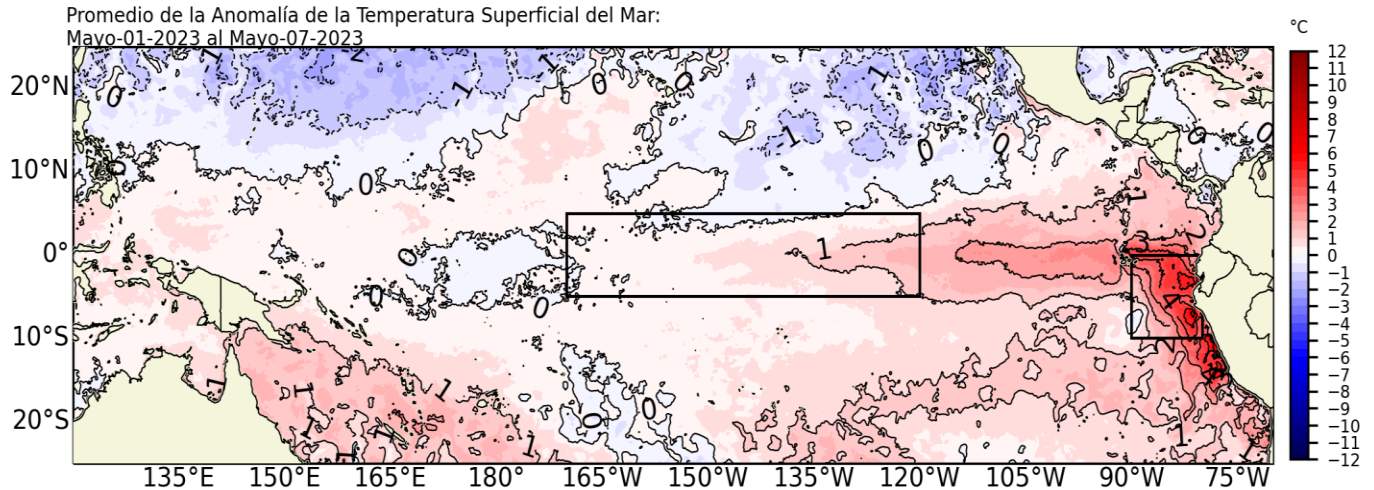


Figura 2. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico del 01 al 07 de mayo 2023. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV

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

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
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
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0,16	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
abr-23	2,21	Cálida Fuerte	0,15	Neutro

Fuente: IGP

Según la información in situ y remota de la zona ecuatorial, aún se observa la presencia de ondas de Kelvin cálidas. En la actualidad, hay un paquete de ondas en la zona oriental y otro localizado alrededor de 140°W. Por otro lado, no se aprecian ondas de Rossby cálidas en la zona occidental que puedan reflejarse como ondas de Kelvin cálidas. (Figura 3).

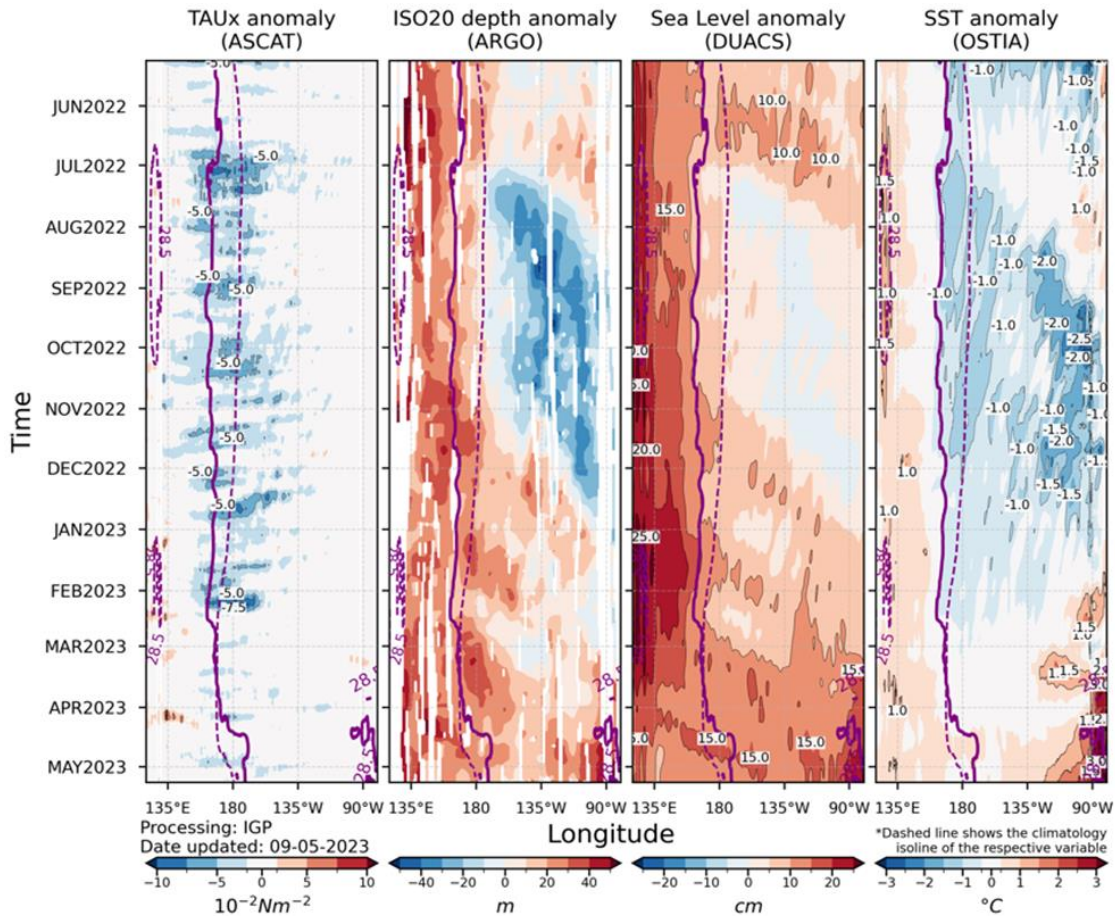


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA.
Elaboración: IGP

En el Pacífico ecuatorial, en promedio durante abril, el patrón subsidente de la célula de Walker persistió entre los 95°E y la línea de cambio de fecha. Dicho patrón subsidente, en el Pacífico occidental, estuvo asociado a la convergencia de vientos en niveles altos de la tropósfera (200 hPa) sobre el Continente Marítimo. Asimismo, en baja tropósfera (850 hPa), sobre el Pacífico occidental, 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, la que predominó durante la segunda quincena del mes. Sobre el Pacífico oriental, aunque debilitado, se observó el ramal ascendente de

la célula de Walker, vinculado a la convección al oeste de Sudamérica (Figura 4). En lo que va de mayo, se ha debilitado el ramal ascendente de la circulación de Walker en el Pacífico oriental, evidenciándose anomalías descendentes, asociadas a la fase convergente de la MJO y a la reducción de la actividad convectiva en la costa noroccidental de Sudamérica.

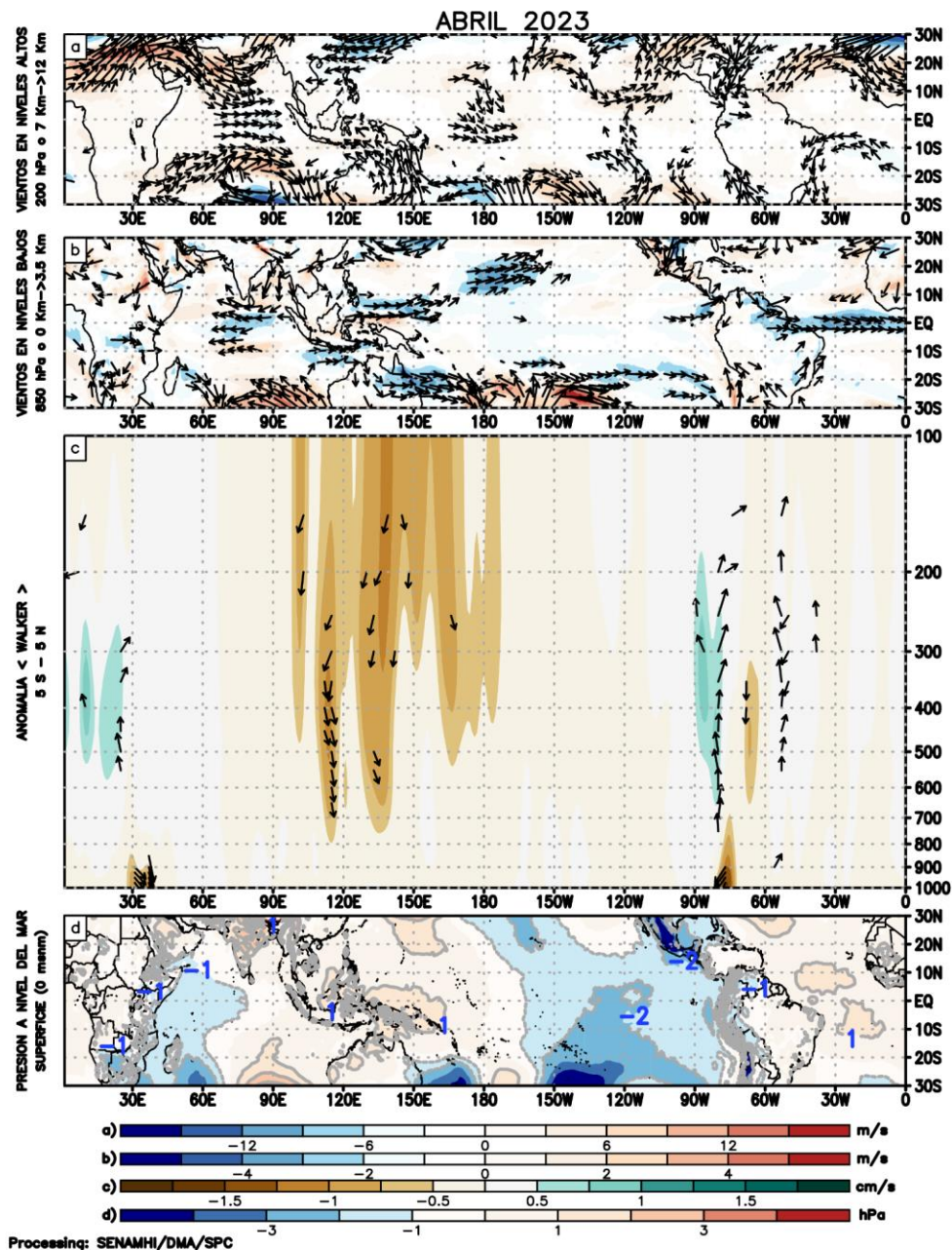


Figura 4. (a) Anomalías de los vientos respecto a su velocidad (colores) y dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) y (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker). Periodo: 1-30 de abril de 2023. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en su promedio de abril, se ubicó ligeramente al suroeste de su posición normal con un núcleo de hasta 1020 hPa centrado en los 40°S y 112°W; en dicha posición el núcleo del APS alcanzó una anomalía de hasta +3 hPa sobre su normal; extendiendo las anomalías positivas hasta la franja continental, al sur de Chile, con valores de hasta +1 hPa sobre lo normal (Figura 5); mientras que, entre la zona central de Chile y el centro de Perú, se observaron anomalías negativas de hasta -1 hPa (Figura 6). No obstante, entre la segunda y tercera semana de abril, el APS se posicionó cerca de la costa Sudamericana con un núcleo intenso superior a los 1028 hPa favoreciendo la intensificación de los vientos del sur en la costa centro y sur del país, llegando a registrar hasta 12 ms^{-1} (44 km/h) en Lima e Ica entre el 18 y el 24 de abril. En lo que va de mayo, el APS se ubicó alrededor de su valor normal con un núcleo, en promedio, superior a los 1028 hPa, con una anomalía de hasta +6 hPa sobre su valor normal, lo cual favoreció la intensificación de vientos frente a la costa peruana desde el inicio del mes (Figura 7).

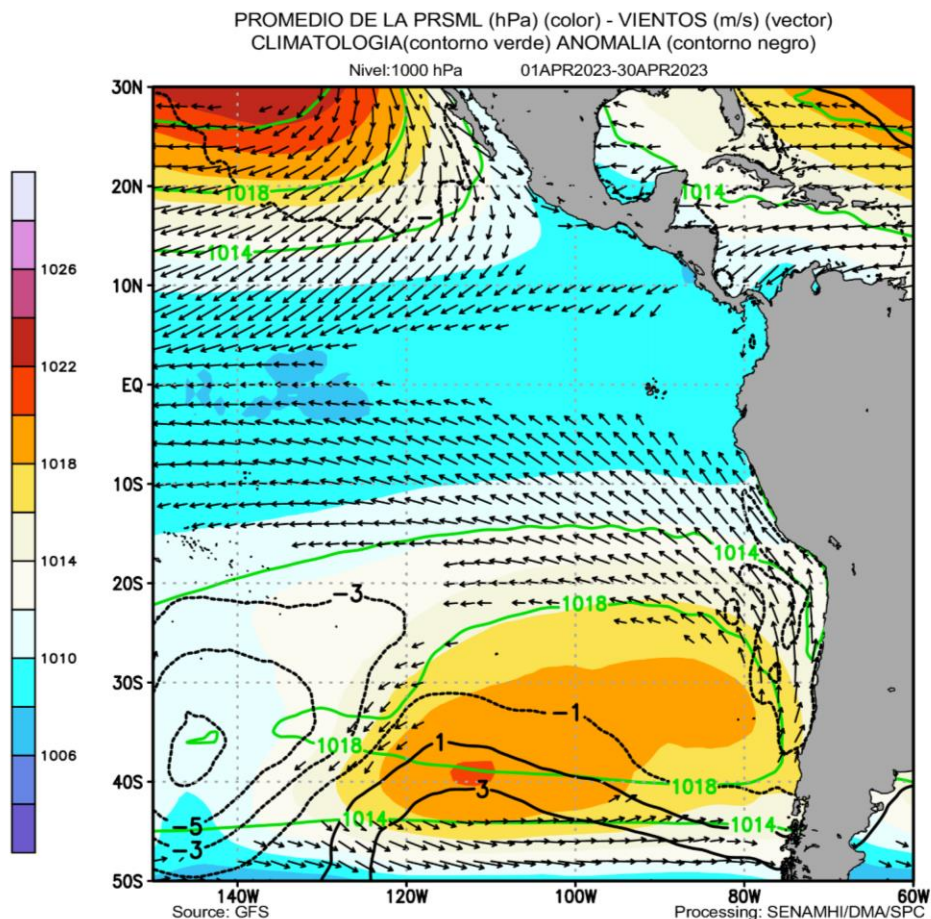


Figura 5. Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (colores) con su climatología (línea verde), anomalía (línea negra) y vientos (flechas). Periodo: 1-30 de abril 2023.
 Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI-SPC

Anomalia de viento 10m

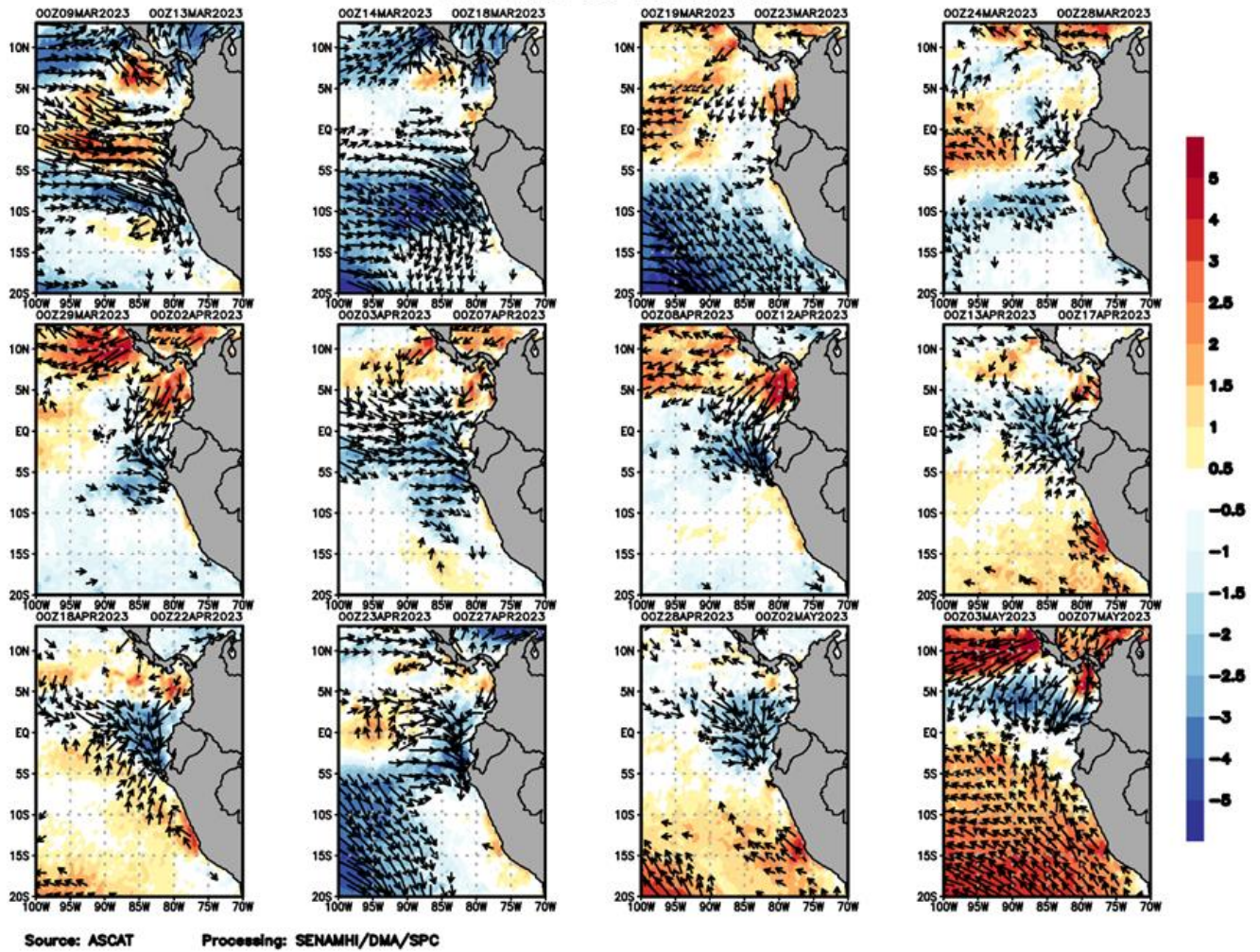


Figura 6. Anomalia *pentadal* del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica.

Fuente: ASCAT. Periodo: 09 de marzo al 07 de mayo de 2023 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 (entre $4,1$ a $6,8 \text{ m s}^{-1}$) a fuertes (mayores a $6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de viento en el rango positivo (mayor a $+2,0 \text{ m s}^{-1}$), principalmente desde Talara (Piura) hasta San Juan de Marcona (Ica), mientras que al norte de Talara y al sur de San Juan de Marcona predominaron vientos moderados débiles (menores a $4,1 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de viento en el rango neutral a negativo (menor a $-1,0 \text{ m s}^{-1}$). La mayor intensidad del viento se registró entre Pisco a San Juan de Marcona (Figura 7).

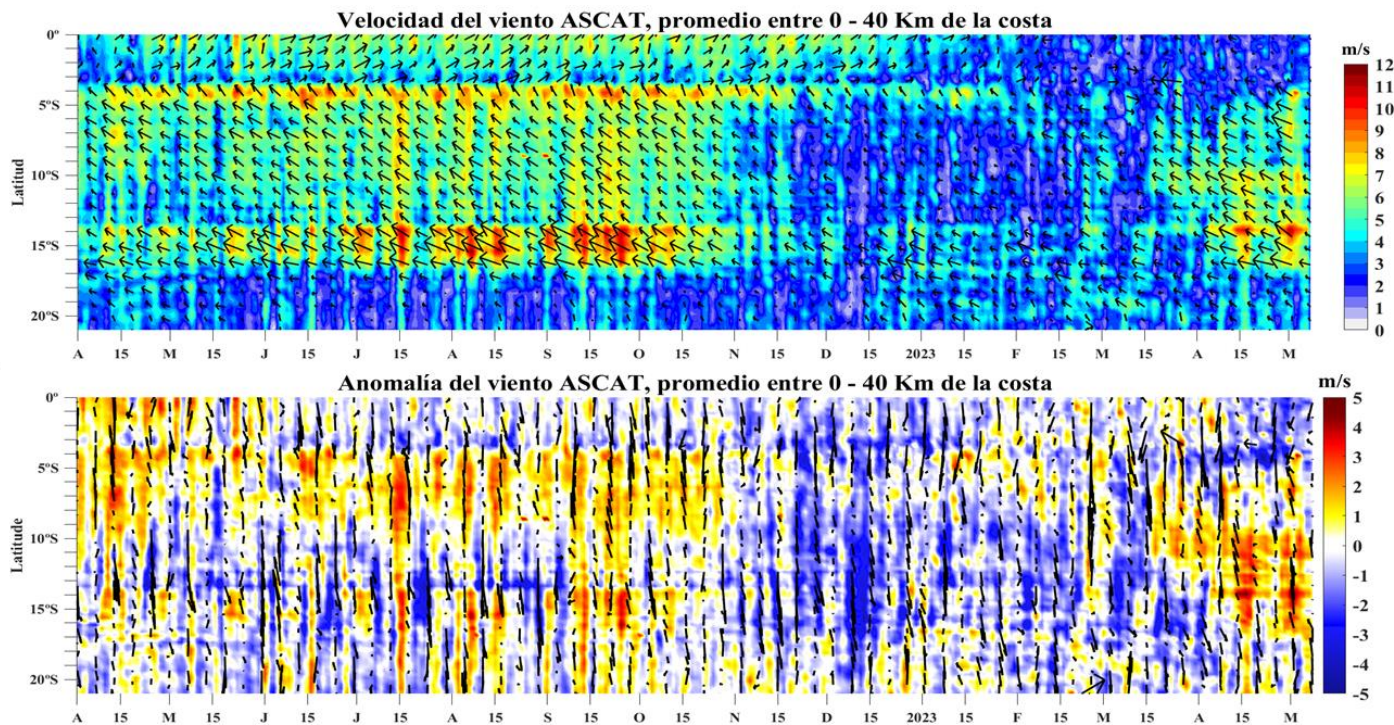


Figura 7. Viento Satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (ms^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (ms^{-1}) Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

El índice de afloramiento costero presentó valores mayores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$, entre Paita y Pisco, incrementando su intensidad respecto a marzo. En lo que va de mayo, frente a Paita se presentó un incremento de afloramiento mayor a $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ (Figura 8). Desde abril a lo que va de mayo, el bombeo de Ekman mostró una tendencia ascendente a valores positivos, la cual está vinculada a la mayor intensificación de los vientos oceánicos relativa a los vientos costeros (Figura 8).

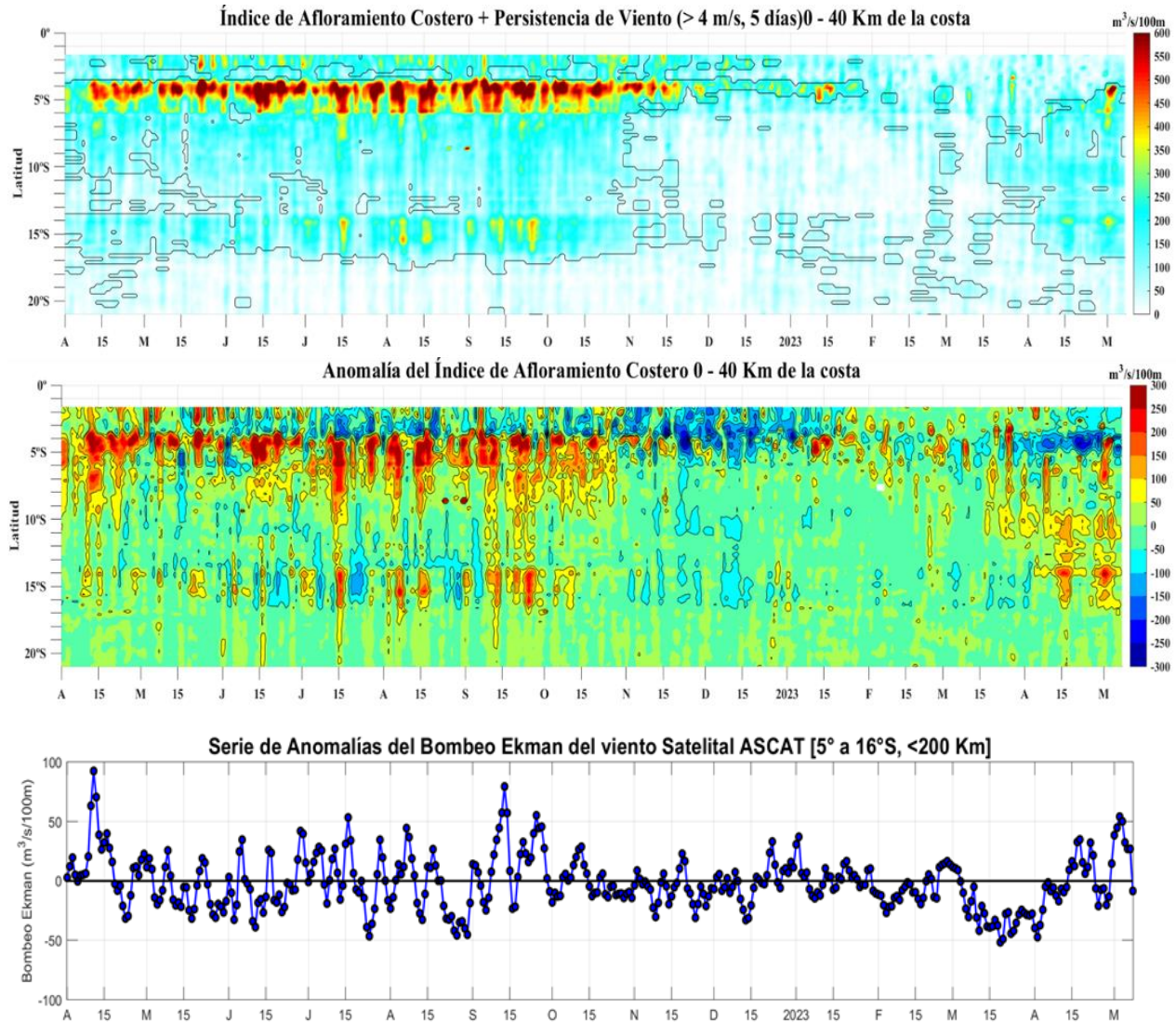


Figura 8. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3\text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3\text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$); c) Anomalia del Bombeo 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.

En abril, las temperaturas extremas del aire presentaron, en promedio, valores sobre lo normal a lo largo de la costa peruana. La temperatura máxima del aire registró, en promedio, anomalías de 1,6, 2,8 y 2,7 °C en la costa norte, centro y sur, respectivamente; mientras que el promedio de la temperatura mínima del aire alcanzó valores de 2,6; 3,1 y 1,7 °C. Durante el mes, varias estaciones reportaron récords consecutivos en ambas temperaturas extremas, presentando valores entre los 31 y los 32,5°C (temperatura máxima), y valores entre los 21,2 y 25 °C. En lo que va de mayo, pese al fortalecimiento de los vientos del sur, se ha observado la persistencia de las temperaturas extremas sobre sus valores normales; de hecho, en la costa norte, la temperatura máxima viene registrando

un incremento en sus valores debido a la reducción de la cobertura nubosa y la precipitación (Figura 9).

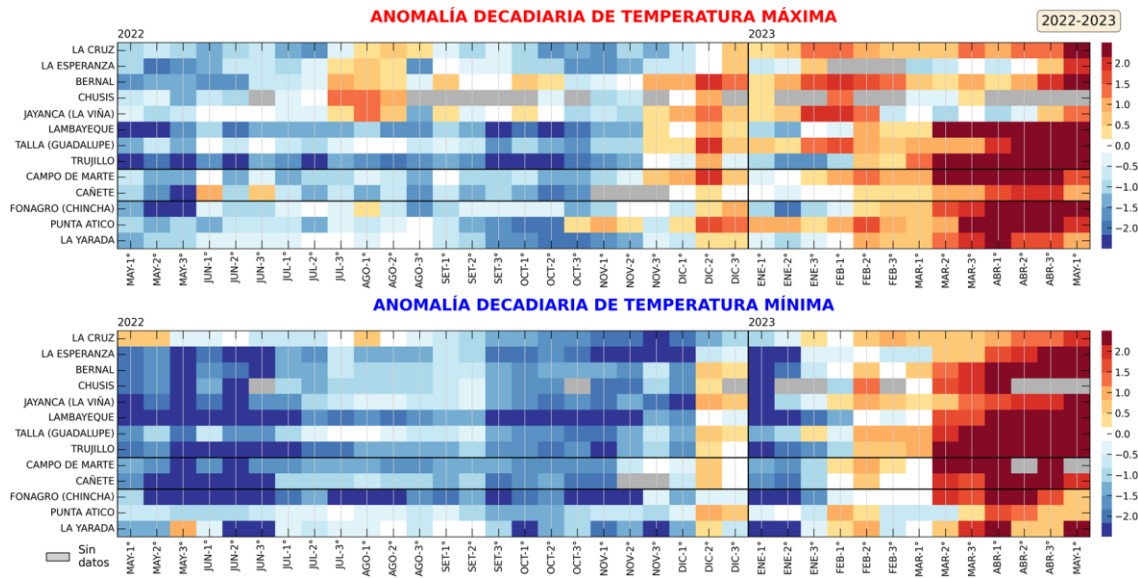


Figura 9. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: Senamhi

La TSM en el mar peruano continuó mostrando condiciones cálidas, con valores entre 20 °C y 28 °C, esta última se localizó en la zona norte hasta los 07°S, cerca a las 60 millas de la costa. En general la TSM disminuyó en gran parte del mar de Perú; sin embargo, se mantuvo con anomalías positivas de hasta 6 °C en la zona norte-centro y de hasta 2 °C en la zona sur, en abril. Para los primeros días de mayo se vio un repliegue de las isoterms hacia el norte, la de 26 °C se ubicó al norte de los 4°S, manteniéndose las anomalías positivas en todo el mar de Perú, pero con menor intensidad respecto al mes anterior (Figura 10).

A otra escala, en el litoral de Perú, la TSM continuó con anomalías positivas, alcanzando valores diarios de 8 °C en el norte, durante la primera quincena de abril, para luego disminuir a 5 °C en lo que va de mayo. Por otro lado, en el litoral centro y sur se presenta una tendencia decreciente de temperatura entre abril y mayo, manteniéndose con anomalías positivas menores de 2 °C (Figura 11 y Figura 12).

El calentamiento que afecta al mar peruano continúa su desarrollo como una ola de calor marina (OCM, Hobday et al., 2016), con una duración de 70 días al 6 de mayo desde su origen, replegándose fuera de las 50 mn entre Chicama y Callao, aunque es probable que la OCM persista aún en las próximas semanas. considerando los pronósticos a corto plazo. En la primera semana de mayo, la cobertura espacial ha disminuido a menos de 3,4 x 10⁵ km² y la anomalía térmica en la OCM alcanza +4 °C en promedio (Figura 13). La anomalía térmica acumulada en la OCM alcanza 266,83 °C días,

la cual se acerca a los 300 °C días registrados durante El Niño Costero 2017, que tuvo una duración total de 75 días (Pietri et al., 2021).

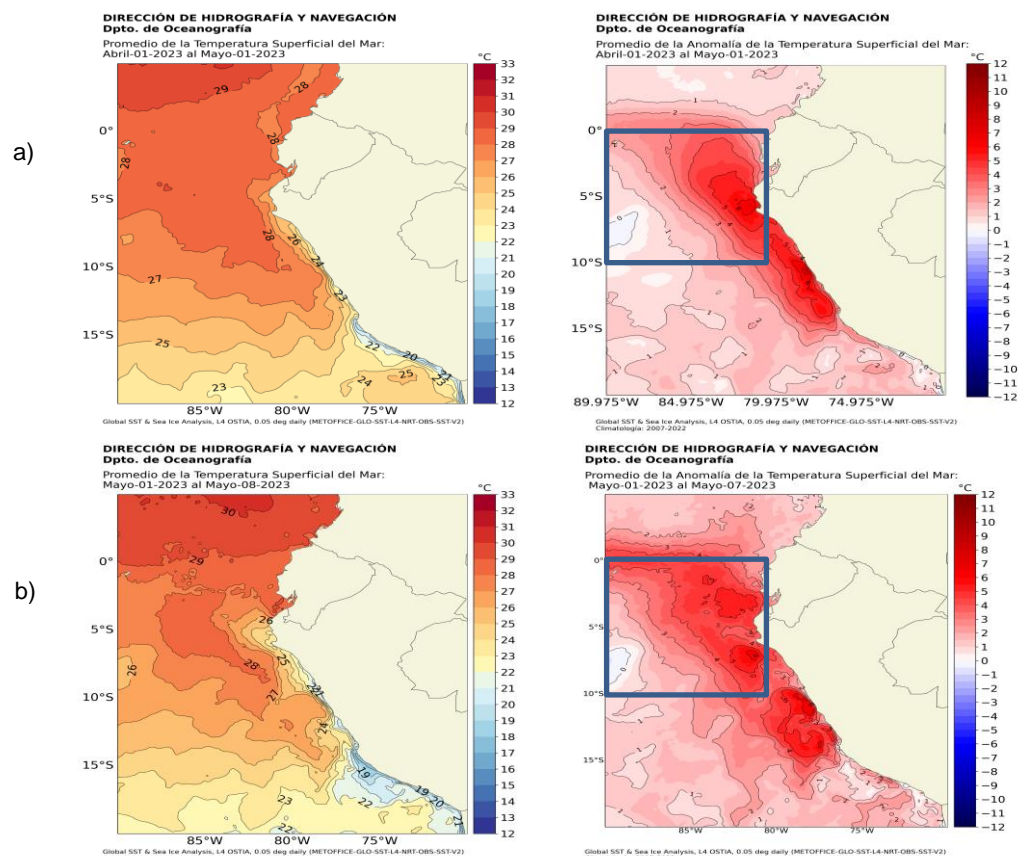


Figura 10. Distribución superficial de la temperatura y su anomalía para el mes de a) abril 2023 y b) mayo 2023.

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

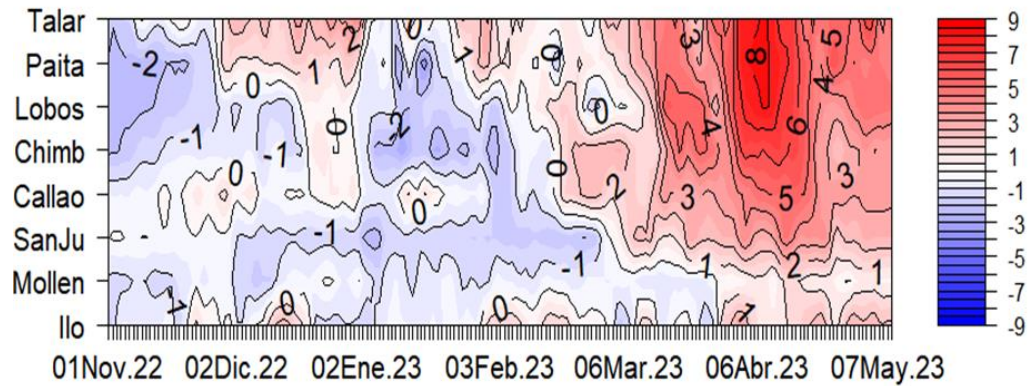


Figura 11. Diagrama Hovmöller de anomalía de TSM diaria en el litoral peruano del 1 de noviembre 2022 al 07 de mayo 2023, Climatología: 1981-2010. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV

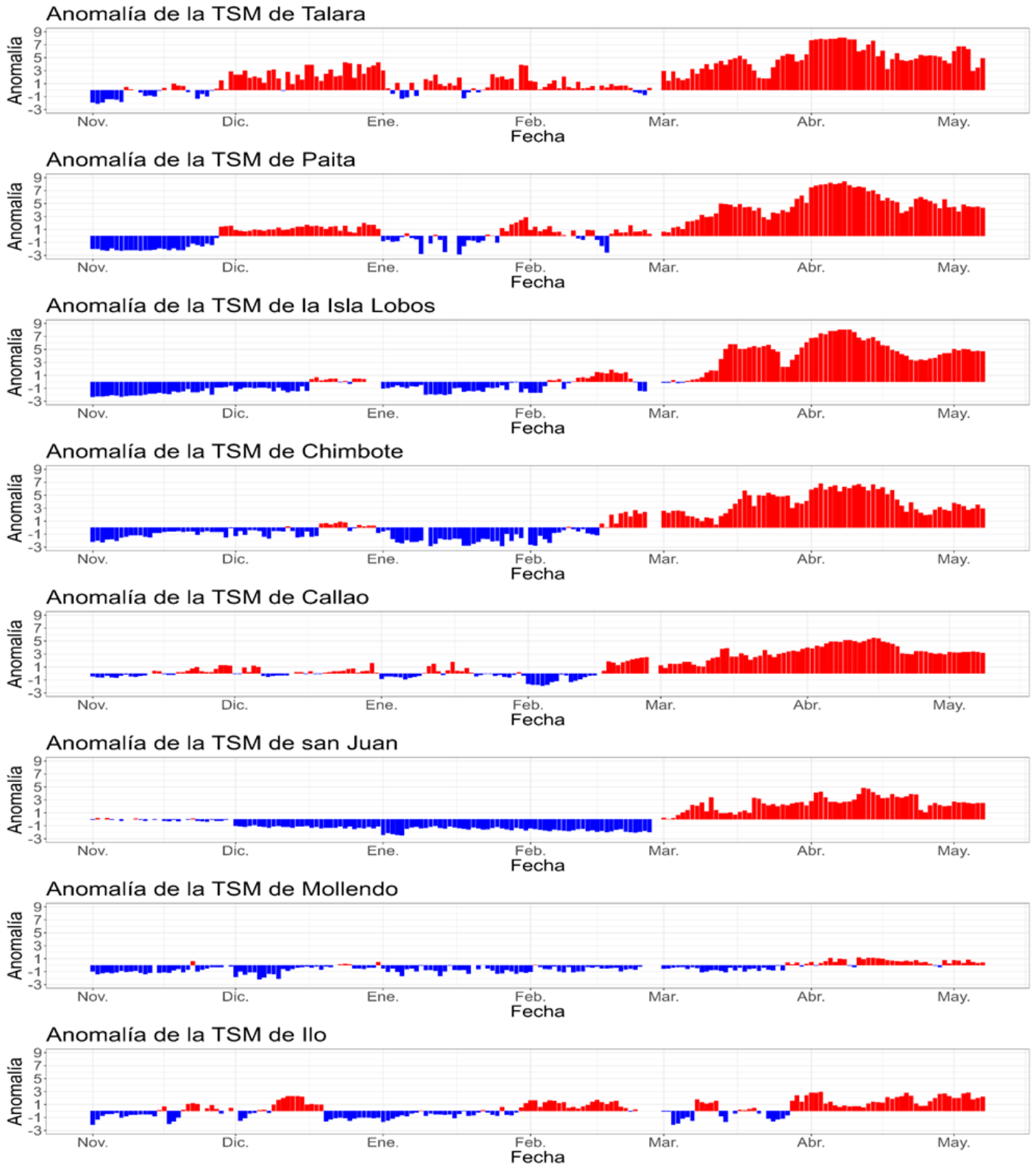


Figura 12. Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de noviembre 2022 a mayo 2023. Fuente y procesamiento: DHN. Climatología: 1981-2010. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV

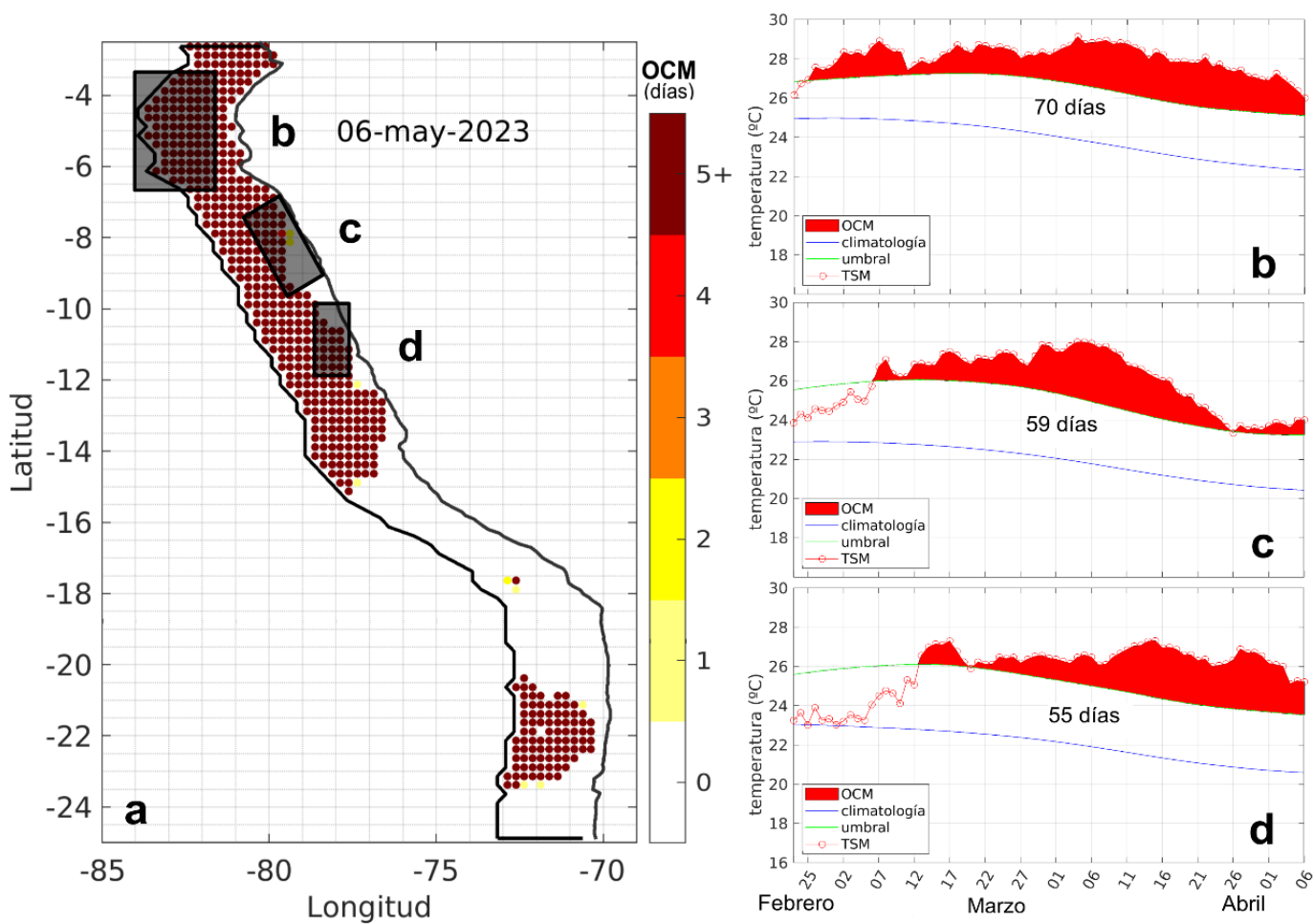


Figura 13. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 22 de abril 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (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 y mayo indicaron un incremento sostenido a lo largo de la costa, alcanzando valores superiores a +25 cm entre el extremo norte del litoral y Pucusana, asociado al efecto de la onda Kelvin cálida que arribó en abril. Sin embargo, las anomalías filtradas mostraron una disminución de sus valores desde la segunda quincena de abril hasta inicios de mayo, desde el sector ecuatorial hasta Chimbote, lo cual sugiere que el núcleo de la nueva onda Kelvin cálida aún no se propaga a lo largo de la costa peruana (Figura 14, Figura 15 y Figura 16).

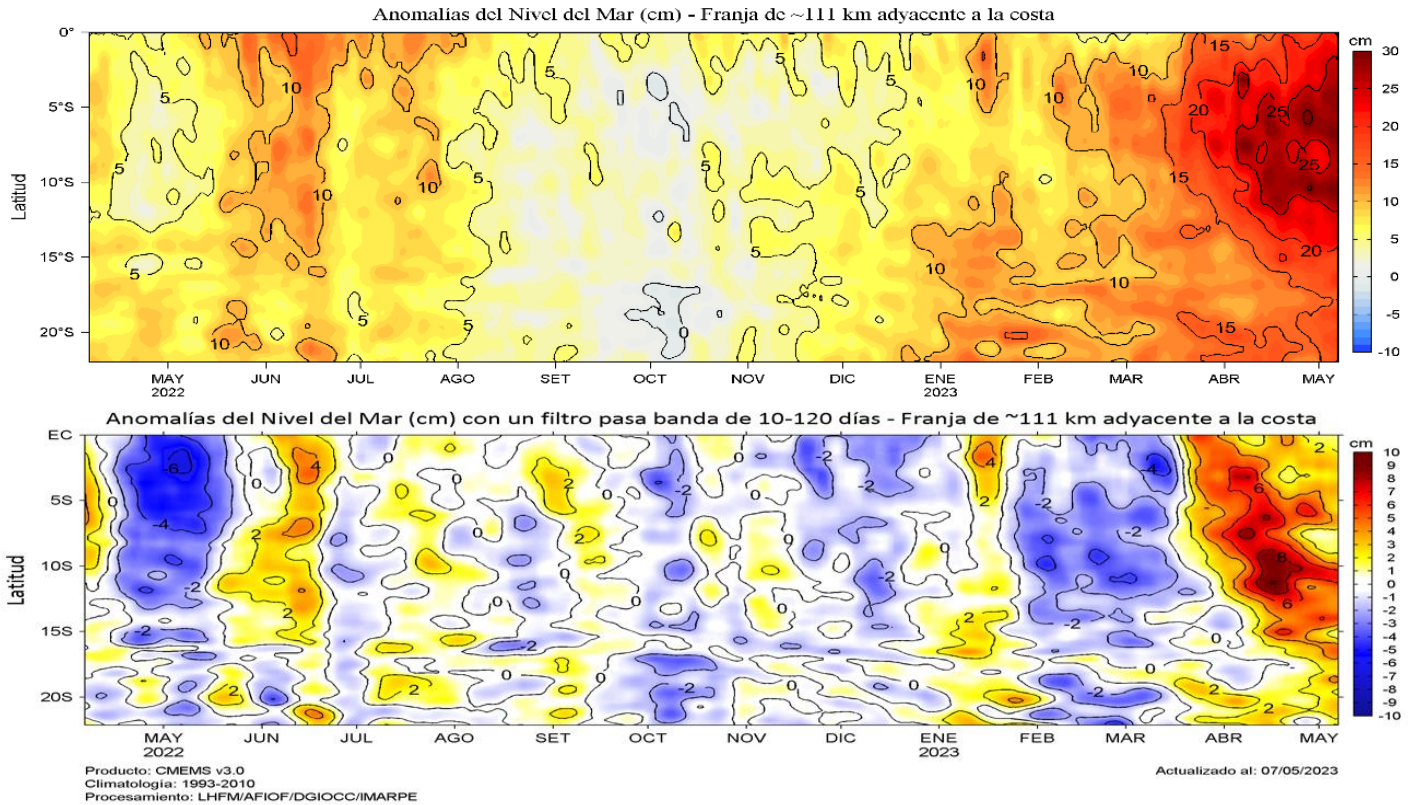


Figura 14. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses, al 8 de mayo 2023.

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

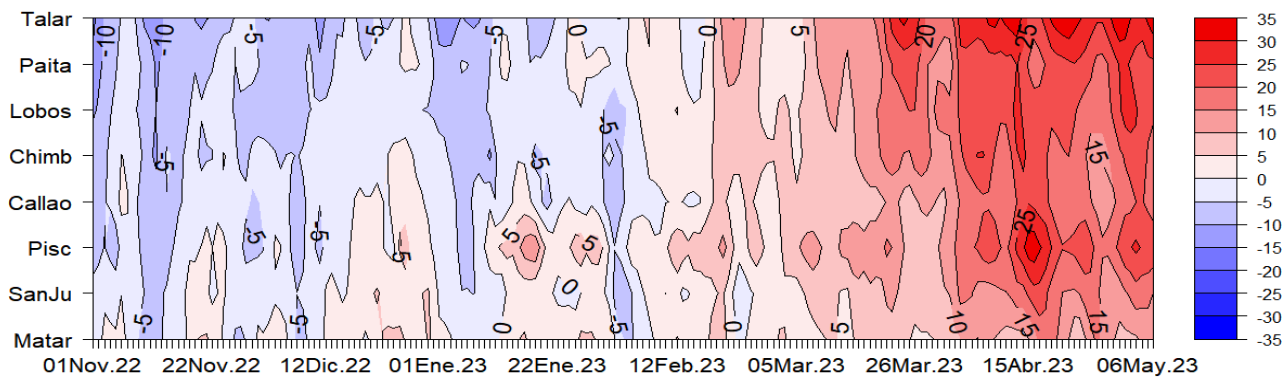


Figura 15. Diagrama Hovmöller de anomalía de NM en el litoral de Perú (con filtro móvil anual). Mayo 2022 a mayo 2023. Climatología: 1981-2010. Procesamiento: DIHIDRONAV

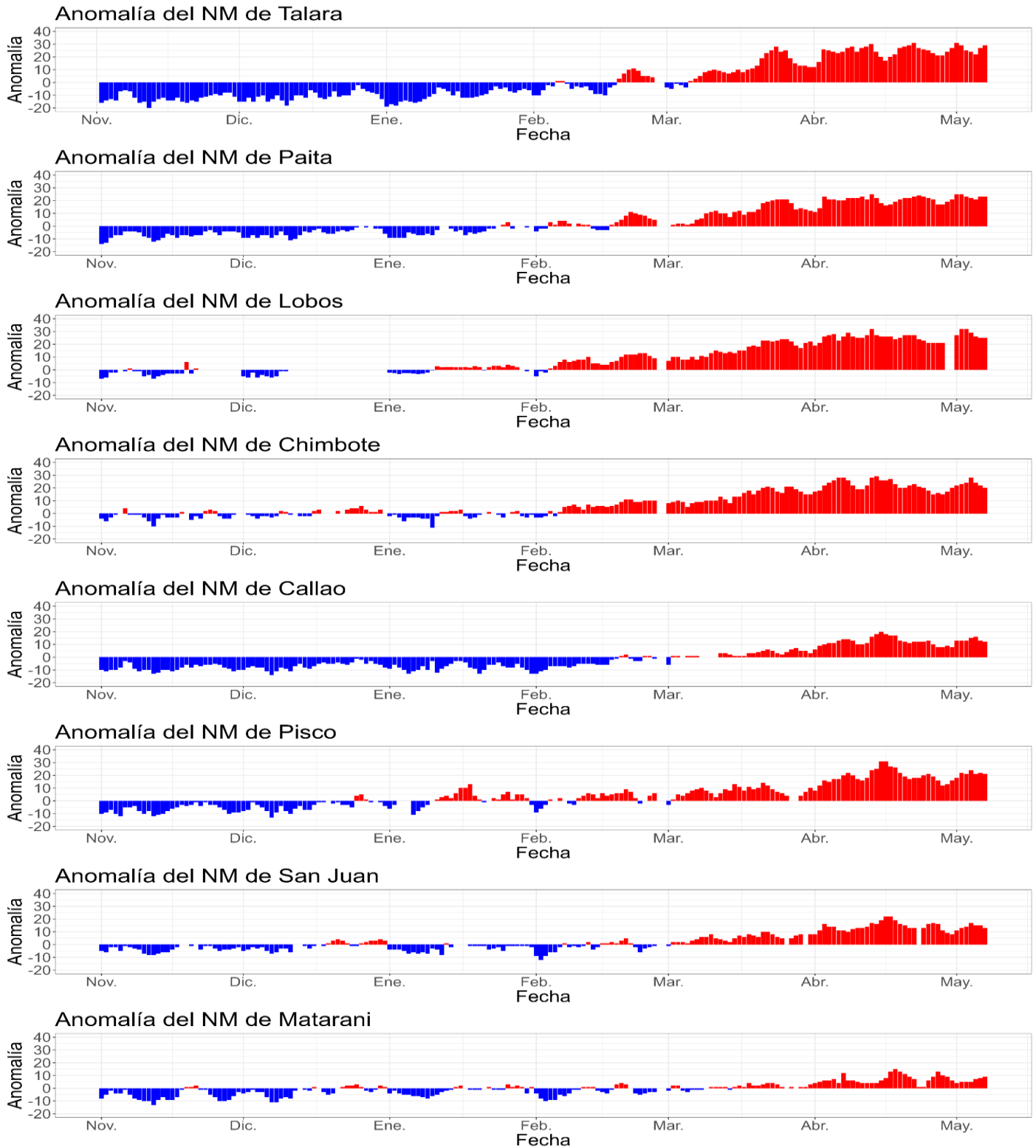


Figura 16. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de noviembre 2022 a mayo 2023. Fuente y procesamiento: DHN.

Respecto a la temperatura subsuperficial a fines de abril, frente a Paita y Chicama, y dentro de las 100 mn se observó el predominio de anomalías positivas sobre toda la columna de agua, con anomalías de +2 °C, en promedio, sobre los 150 m de profundidad (Figura 19). Asimismo, entre fines de marzo e inicios de mayo, frente a Paita y Chicama, se observó una expansión vertical de las anomalías positivas (> +1 °C) en la columna de agua, aunque las máximas anomalías positivas se han reducido en las últimas semanas (+ 4 °C) respecto a fines de marzo (+ 8 °C) (Figura 19 y Figura 21). En el último mes, la termoclina exhibió una profundización, alcanzando unos 60 a 100 m más respecto a su climatología, asociado al paso del paquete de ondas Kelvin cálidas durante abril (Figura 17).

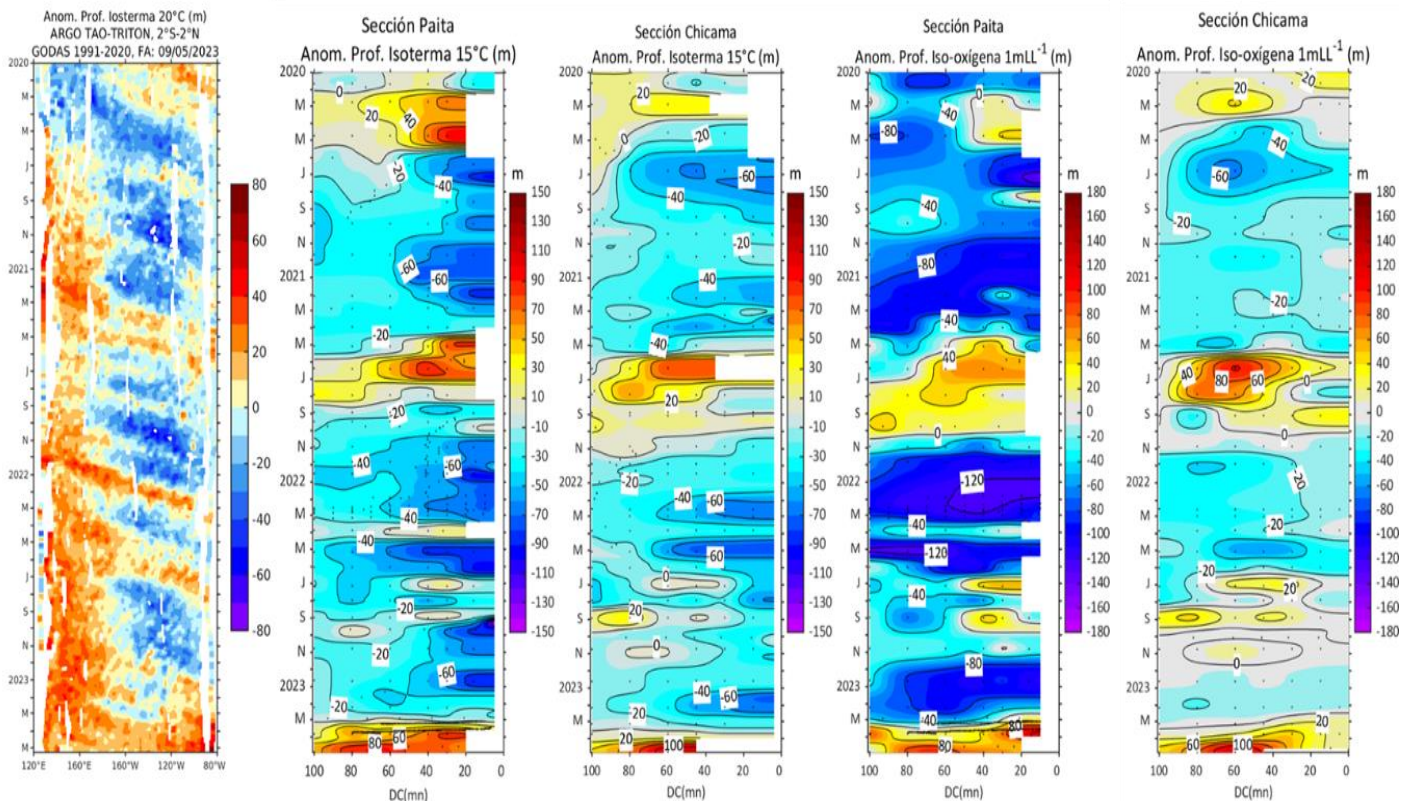


Figura 17. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L-1, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE

Considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, la anomalía térmica subsuperficial entre fines de abril e inicios de mayo registró una expansión hasta los 125 m de profundidad de las anomalías superiores de +2 °C, lo cual es superior a lo observado durante El Niño costero 2017, y comparable a lo observado durante El Niño 2015-2016 (Figura 18).

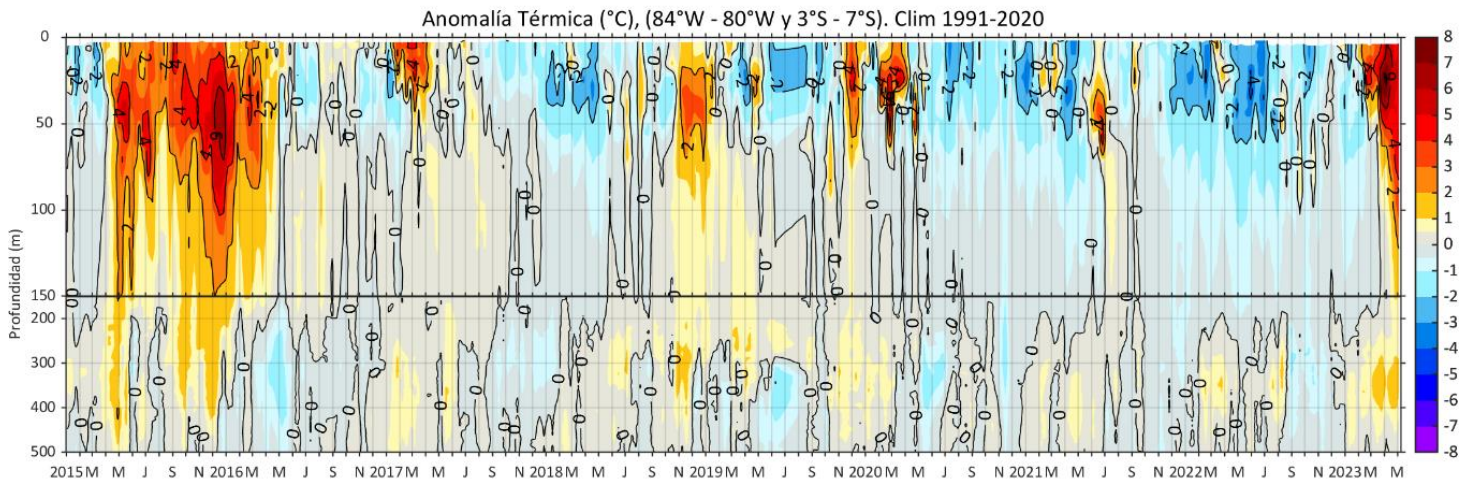


Figura 18. Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte, climatología 1991-2020.

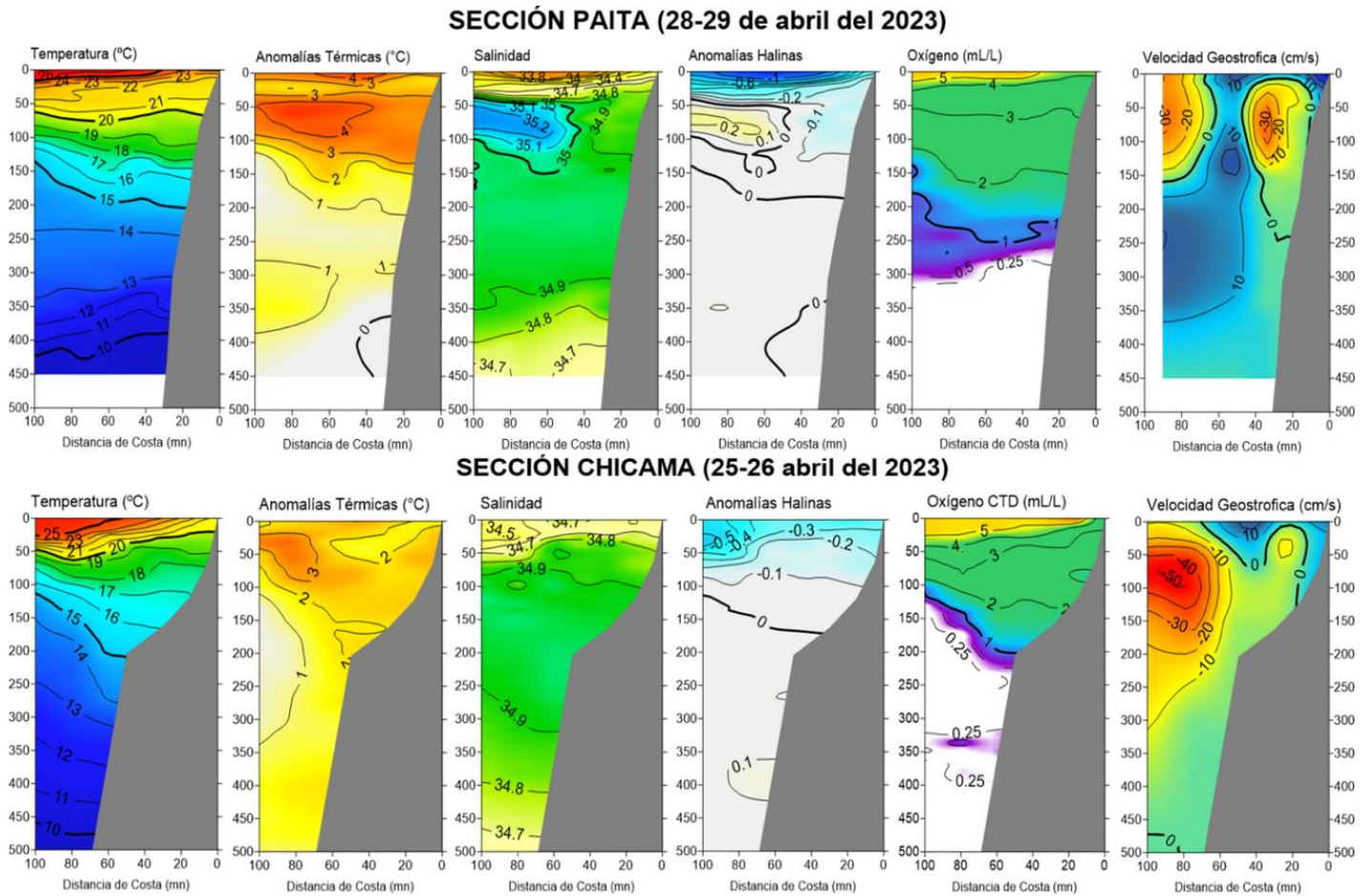


Figura 19. a) Secciones de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas y oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) de izquierda a derecha frente a a) Paita (28-29 abril), y b) Chicama (25-26 abril).

Fuera de las 70 mn, las mayores anomalías térmicas en la capa sub-superficial se presentaron frente a la costa norte durante la primera quincena de abril, observándose un declive de sus valores durante la segunda mitad del mes; sin embargo, siguen registrándose valores intensos para los primeros días de mayo, encontrándose anomalías superiores de 2 °C sobre los 200 m. Frente a la costa centro, las anomalías térmicas positivas continúan sobre los 100 m, seguida de una masa de agua fría con anomalías de -1 a -2 °C. Sin embargo, las anomalías positivas de temperatura ampliaron su extensión a mayores profundidades, en particular durante la primera semana de mayo (Figura 20 y Figura 21).

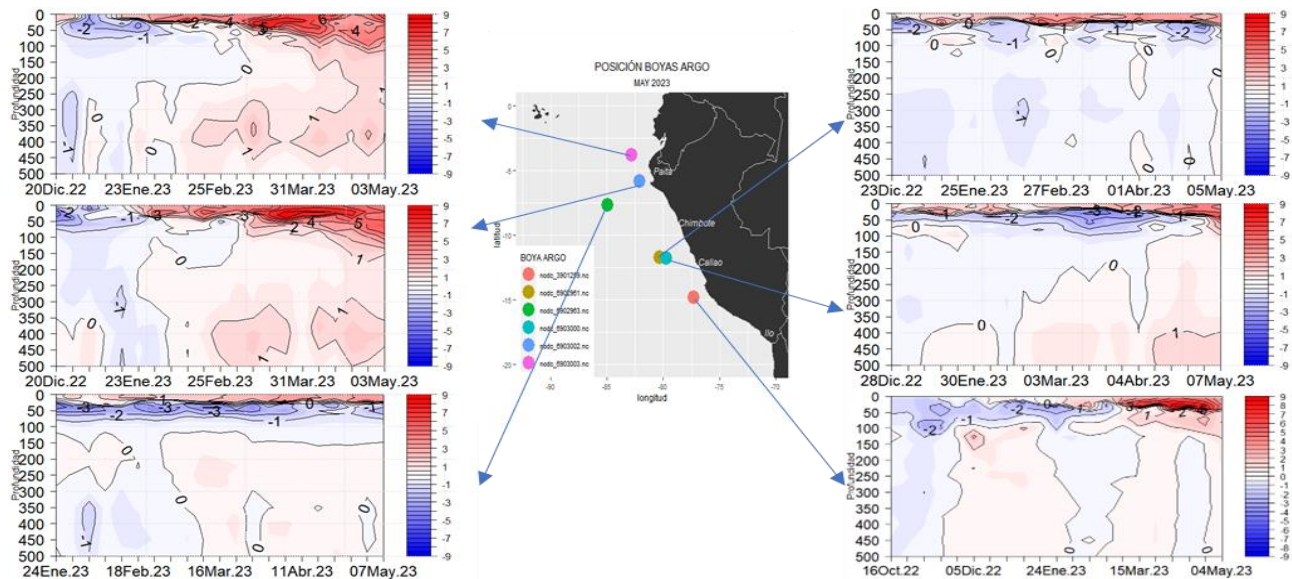


Figura 20. Secciones de anomalías de temperatura del mar de octubre de 2022 a mayo de 2023 hasta los 500 m de profundidad.

Fuente: ARGO. Procesamiento: DIHIDRONAV.

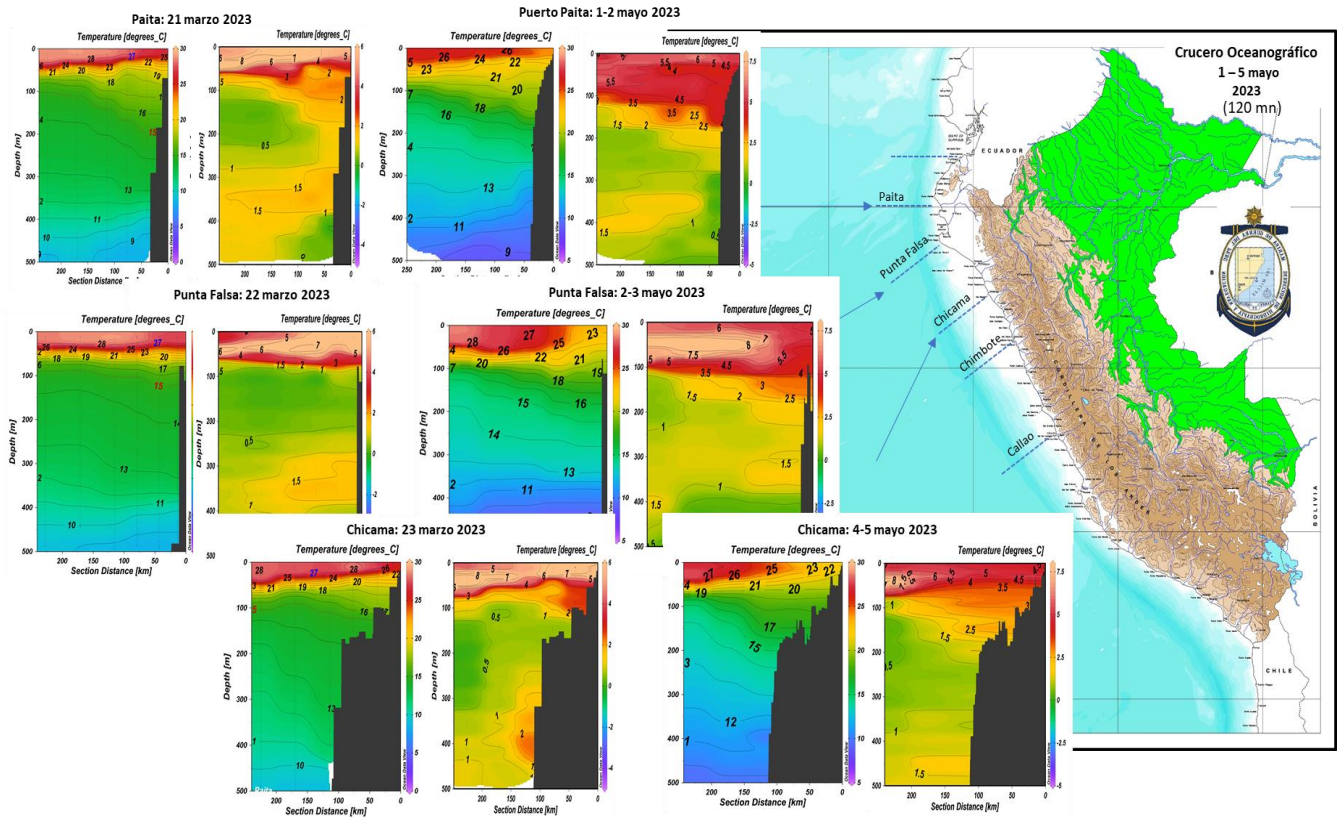


Figura 21. Secciones de temperatura del mar y anomalías de temperatura del mar frente a Paíta, Punta Falsa y Chicama, hasta los 500 m de profundidad, de marzo y mayo 2023. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

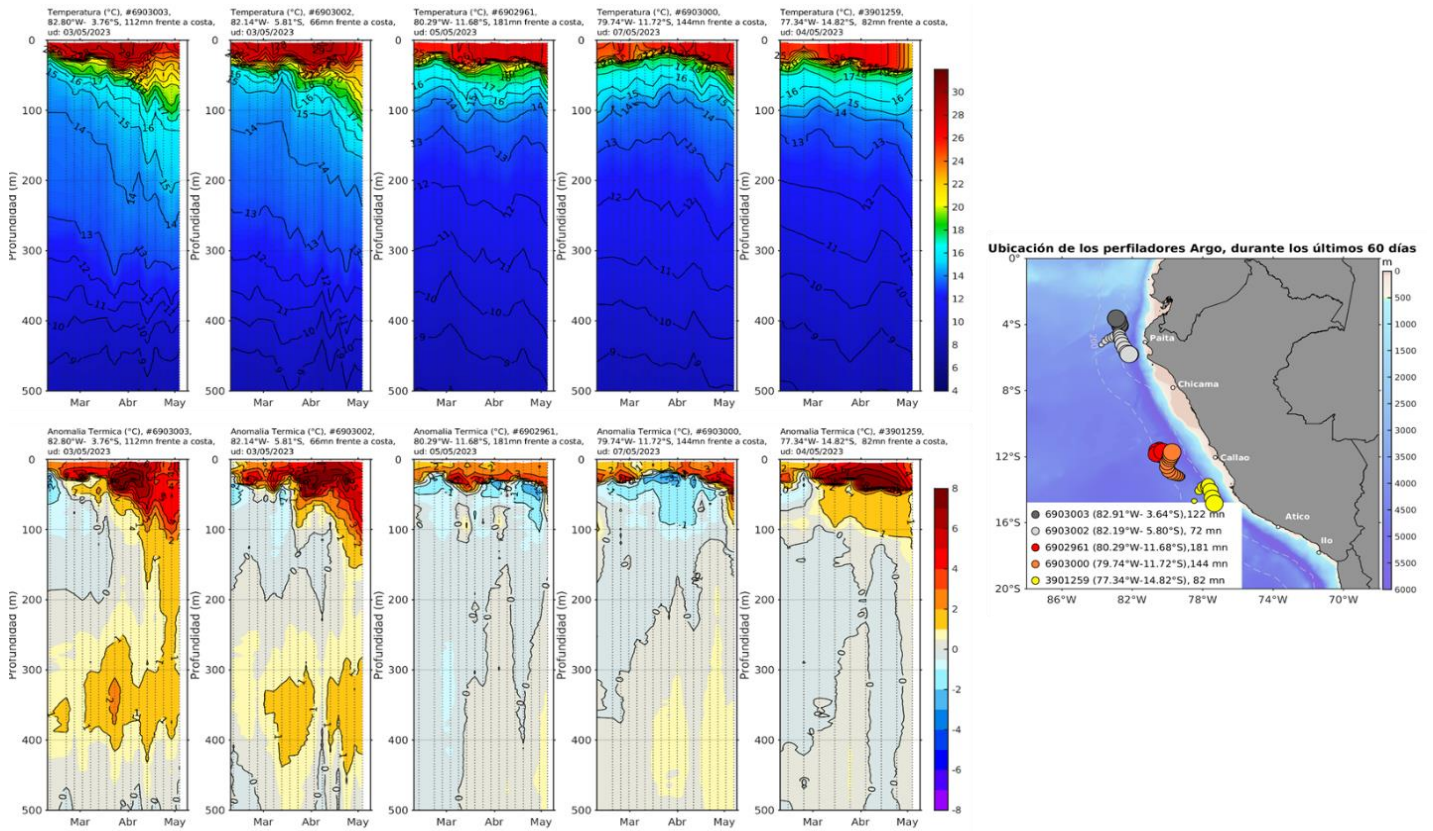


Figura 22. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 150 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023 donde brindó información el flotador ARGO.

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

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró que la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) alcanzó la zona de Paita durante la primera quincena de abril, para luego replegarse hasta Punta Sal en los primeros días de mayo. Del mismo modo, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se habrían aproximado hasta Chicbote (~50 mn de la costa), manteniéndose al menos hasta Chicama (100 mn de la costa) hasta fines de abril, de acuerdo a información in situ. Para los primeros días de mayo, se observaron ATS cerca de la costa de Paita, mientras que las AES se mantuvieron frente a Chicama (Figura 24 y Figura 25). El modelo MERCATOR sugiere un ligero repliegue hacia el norte. Desde Chicbote 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 Huacho y Punta Bombón a partir de la segunda semana de abril y que se mantuvo hasta mayo, de acuerdo a MERCATOR (Figura 23). Un reciente monitoreo en el extremo sur del Perú confirmó la presencia de las ACF (S=35,0) dentro de las 10 mn entre Punta Bombón y el extremo sur del litoral (Figura 26).

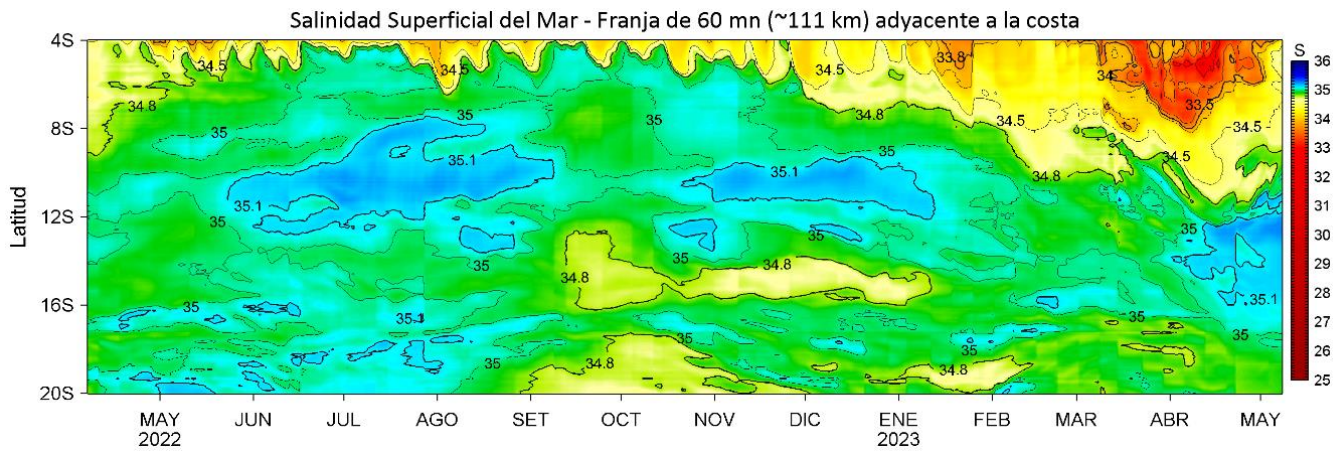
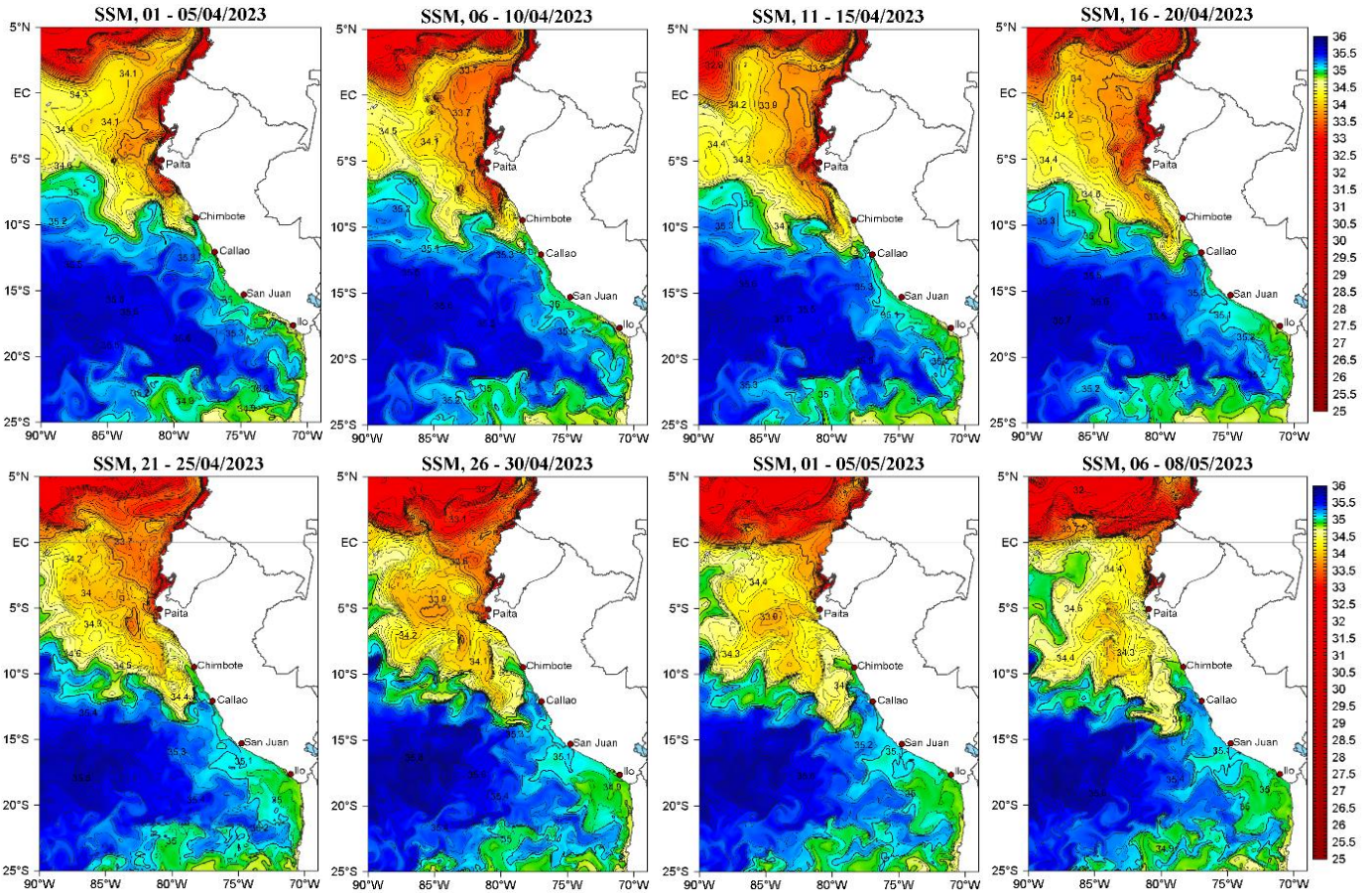


Figura 23. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo de 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 7 de mayo de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013)

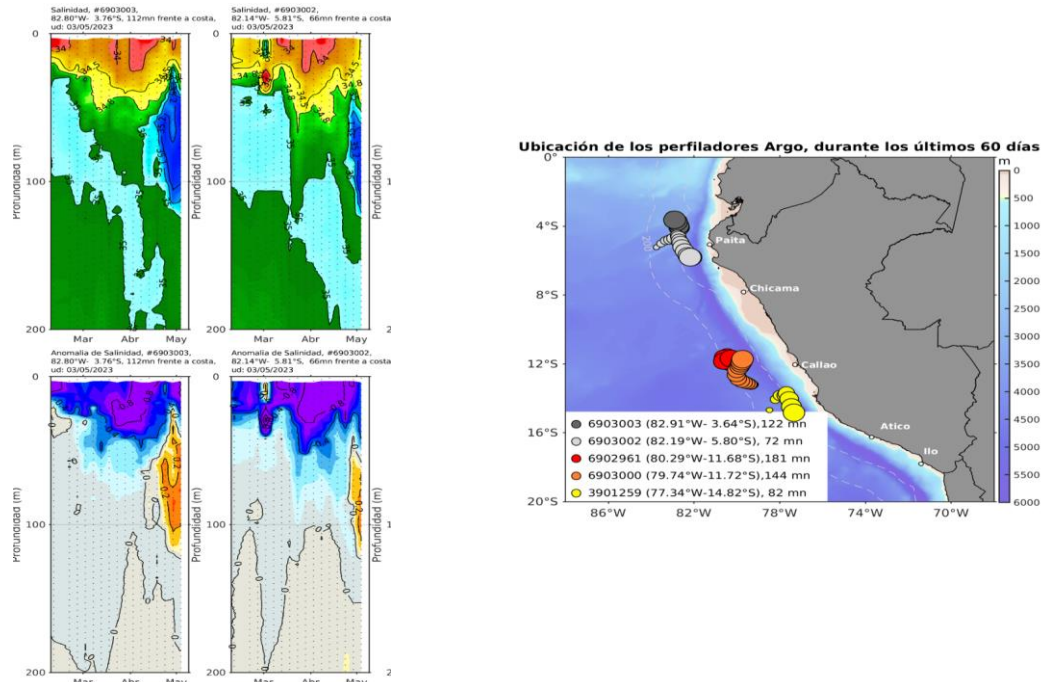


Figura 24. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGONET en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023, donde brindó información el flotador ARGONET, fuente: ARGONET. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

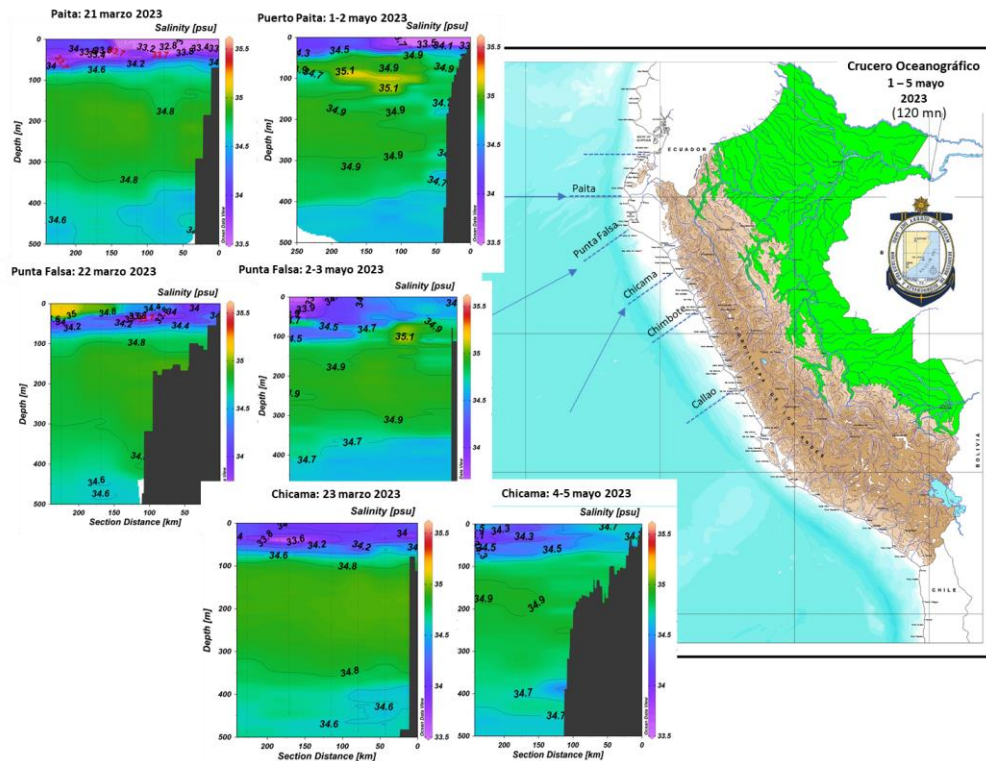


Figura 25. Secciones de salinidad del mar frente a la costa de Perú marzo y mayo 2023. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

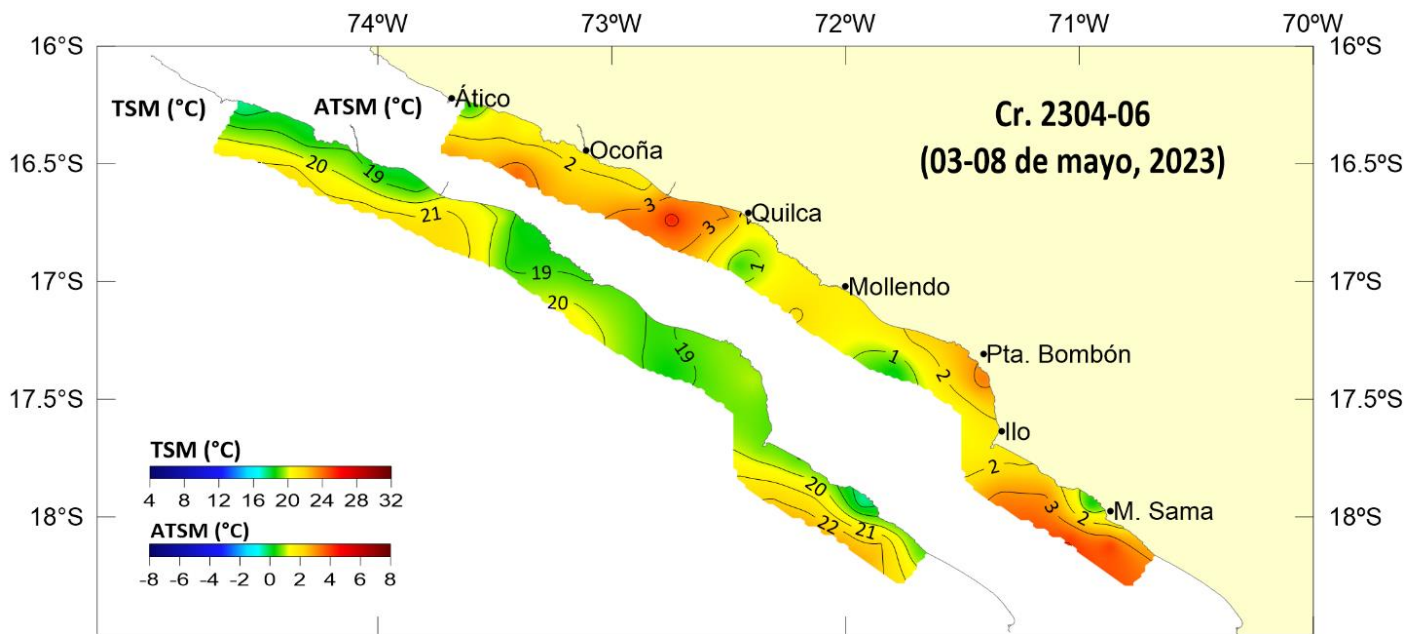
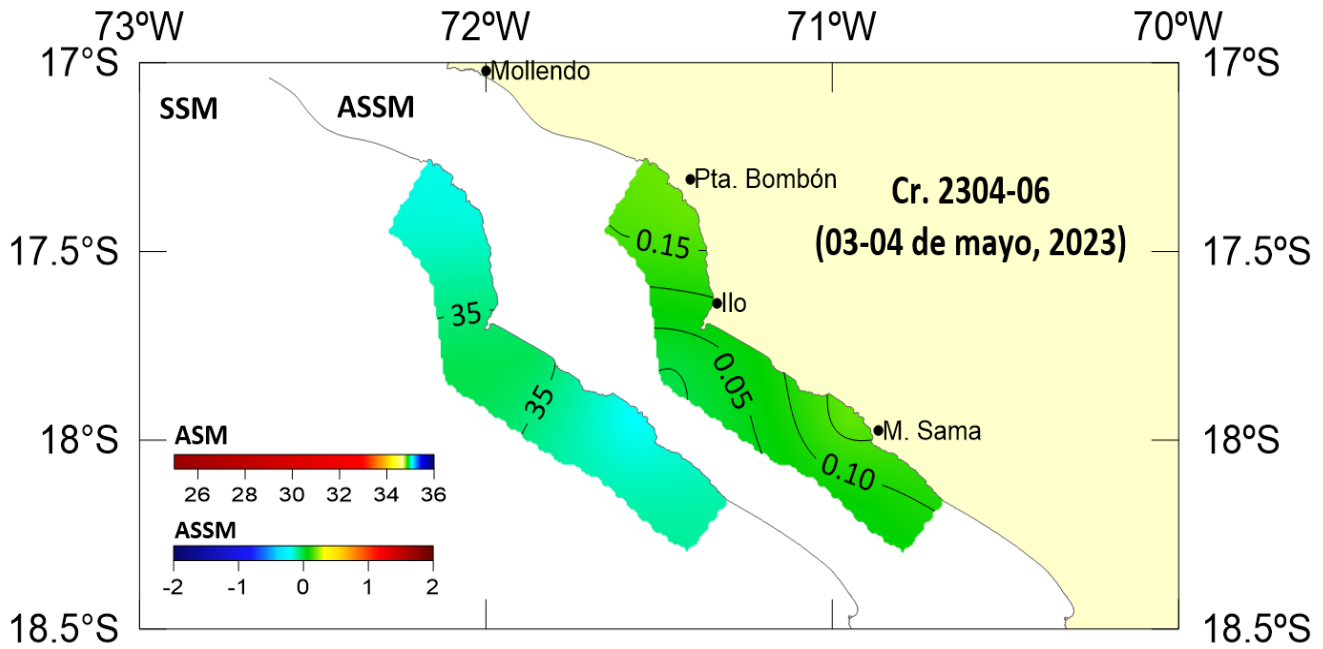


Figura 26. Distribución de la salinidad superficial y su anomalía (arriba) y de la TSM con su anomalía (abajo) en la franja adyacente a la costa, registradas en el Crucero de evaluación hidroacústica de Recursos Pelágicos (Cr. 2305-06).

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), en la última semana de abril, en la sección Paita y en la de Chicama se registraron concentraciones entre 3,0 a 5,0 mL L⁻¹ sobre la capa de los 50-60 m, con tendencia a un débil afloramiento de la iso-oxígena de 4,0 mL L⁻¹ en la zona costera. El límite superior de la zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, OD < 0,5 mL L⁻¹) fue registrado por debajo de los 260 m de profundidad y a 140-230 m de profundidad, frente a Paita y a Chicama, respectivamente (Figura 19). Al igual que la termoclina, la oxiclina a fines de abril exhibió una profundización significativa respecto a fines de marzo, alcanzando unos 60 a 100 m más respecto a su climatología (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, durante abril presentó concentraciones alrededor de 1 µg L⁻¹ dentro de las 15 mn a lo largo de la costa peruana, y valores menores a este, a mayor distancia de la costa; en la franja de las 80 mn se detectaron anomalías negativas menores a - 2 µg L⁻¹ y - 4 µg L⁻¹ de Paita a Huacho y de Huacho a Pisco, respectivamente (Figura 27). En la primera semana de mayo, dentro de las 10 mn de la costa se detectaron concentraciones de clorofila-a de hasta 5 µg L⁻¹, especialmente entre San José y Chimbote, lo cual también es observado en los datos *in situ* frente a Chicama (Figura 28).

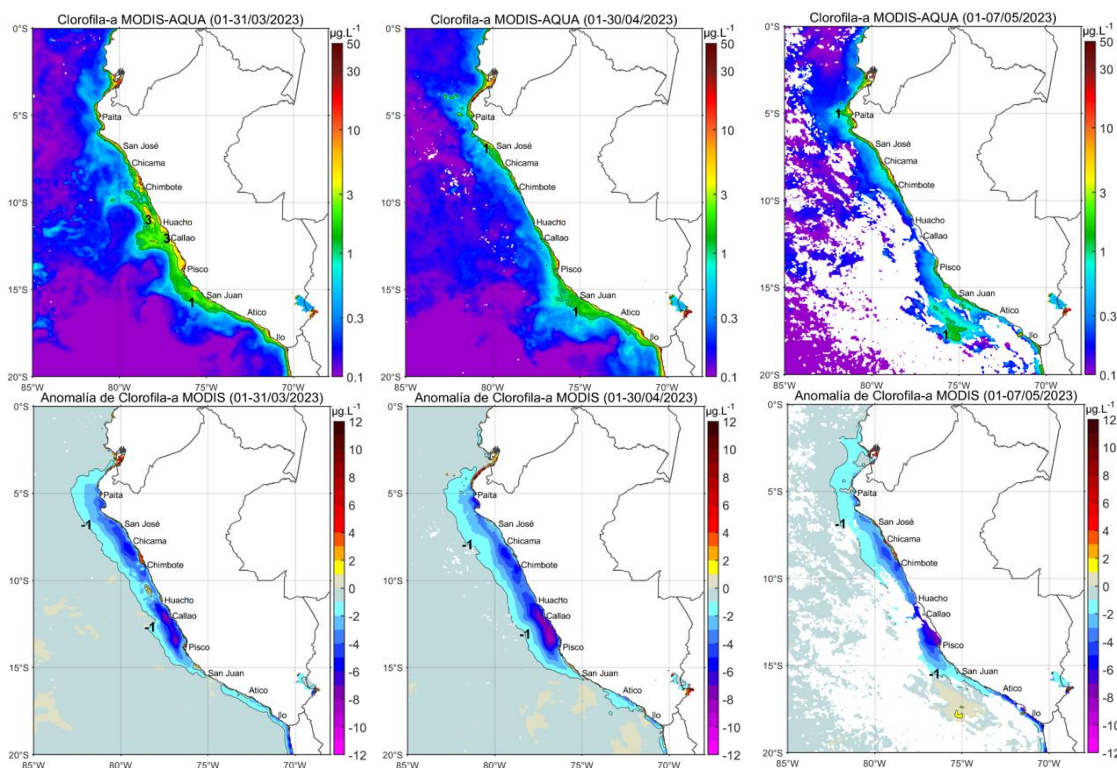


Figura 27. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital (µg L⁻¹, panel superior) y su anomalía (µg L⁻¹, panel inferior), durante marzo, abril y lo que va de mayo de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA.

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

Las condiciones de baja productividad vienen predominando desde setiembre del 2022 a la fecha (Figura 29); las bajas concentraciones de clorofila-a, por debajo de lo normal, registradas de abril a la fecha obedecerían al efecto del paquete de ondas Kelvin que han profundizado significativamente a la termoclina, y con ello a la nutriclina.

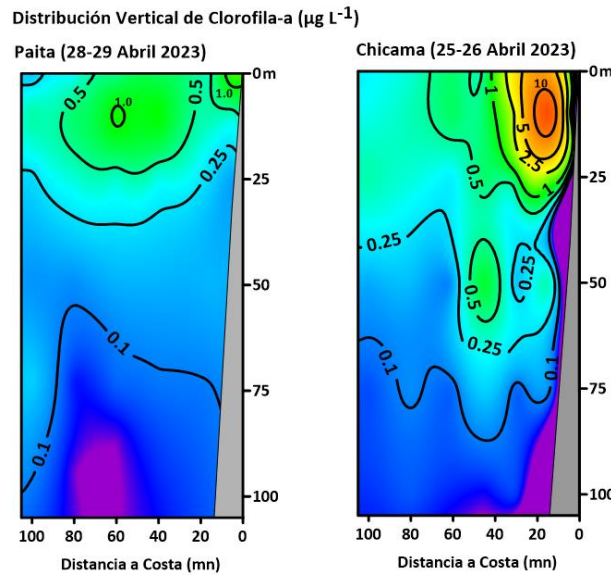


Figura 28. Distribución vertical de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) en las secciones de Paita (izquierda) y Chicama (derecha) a fines del mes de abril. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

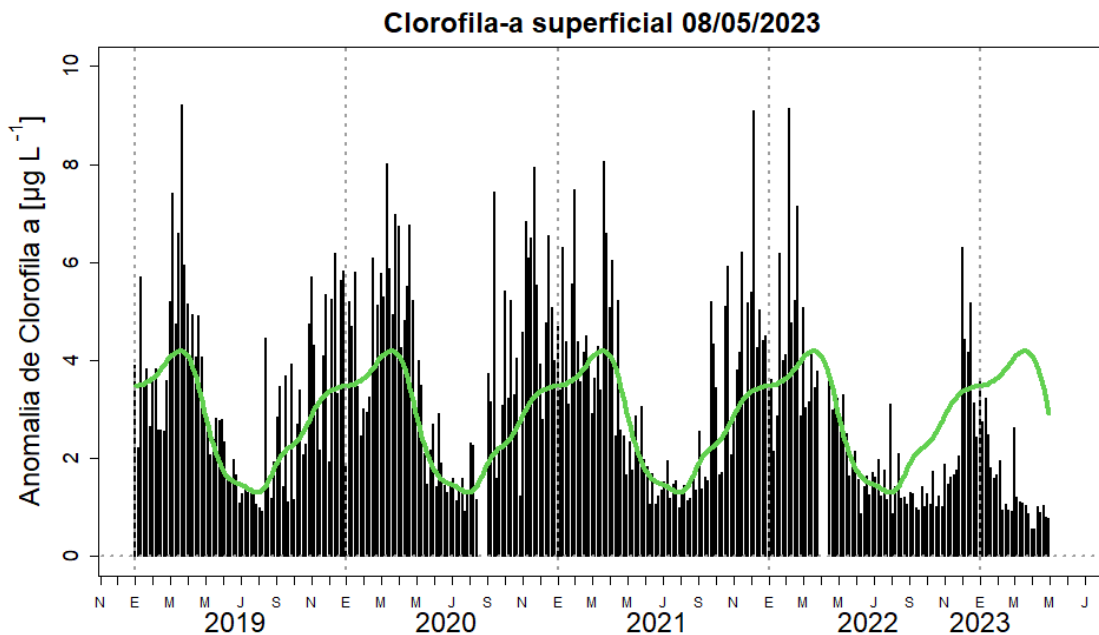


Figura 29. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

En abril, el stock norte-centro de la anchoveta presentó cardúmenes concentrados en la franja costera con altas densidades, principalmente dentro de las 10 mn. Así mismo se observó una profundización de los cardúmenes hasta 110 m, así como un desplazamiento en sentido sur y alta superposición entre adultos y juveniles. Por otro lado, en la región Sur se registró actividad extractiva de anchoveta por parte de la flota industrial, dentro de las 10 m, entre Ocoña e Ilo (Figura 30) y una estructura de tallas juvenil con moda en 11,0 cm de longitud total, (LT), y porcentaje de juveniles de 74,9 % en número y 64,7 % en peso (Figura 31). Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron procesos menores de maduración gonadal y desove. Por otro lado, el valor del contenido graso (CG) fue similar al mes anterior, evidenciando el gasto energético sostenido, observado desde meses anteriores (Figura 32).

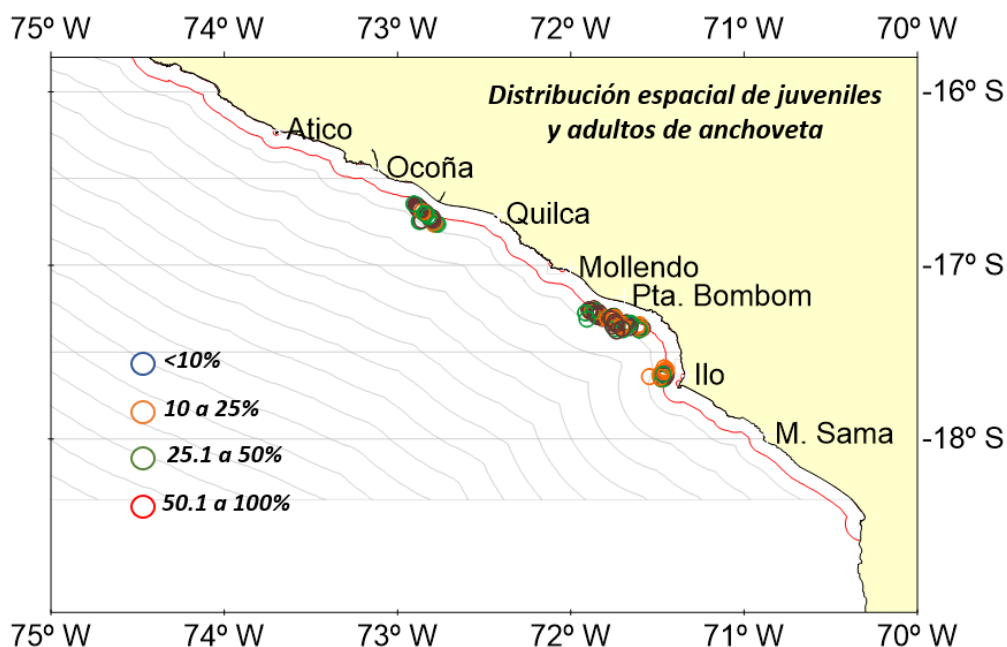


Figura 30. Distribución espacial de lances de anchoveta proveniente de la flota de cerco industrial en la región Sur. Abril del 2023.

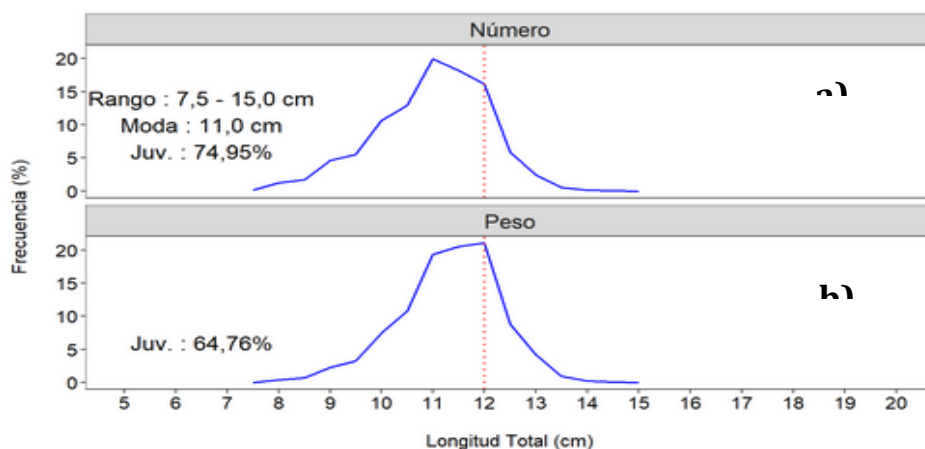


Figura 31. Estructura por tamaños de la anchoveta en la región Sur, durante abril del 2023. Gráfico superior en número, gráfico inferior en peso.

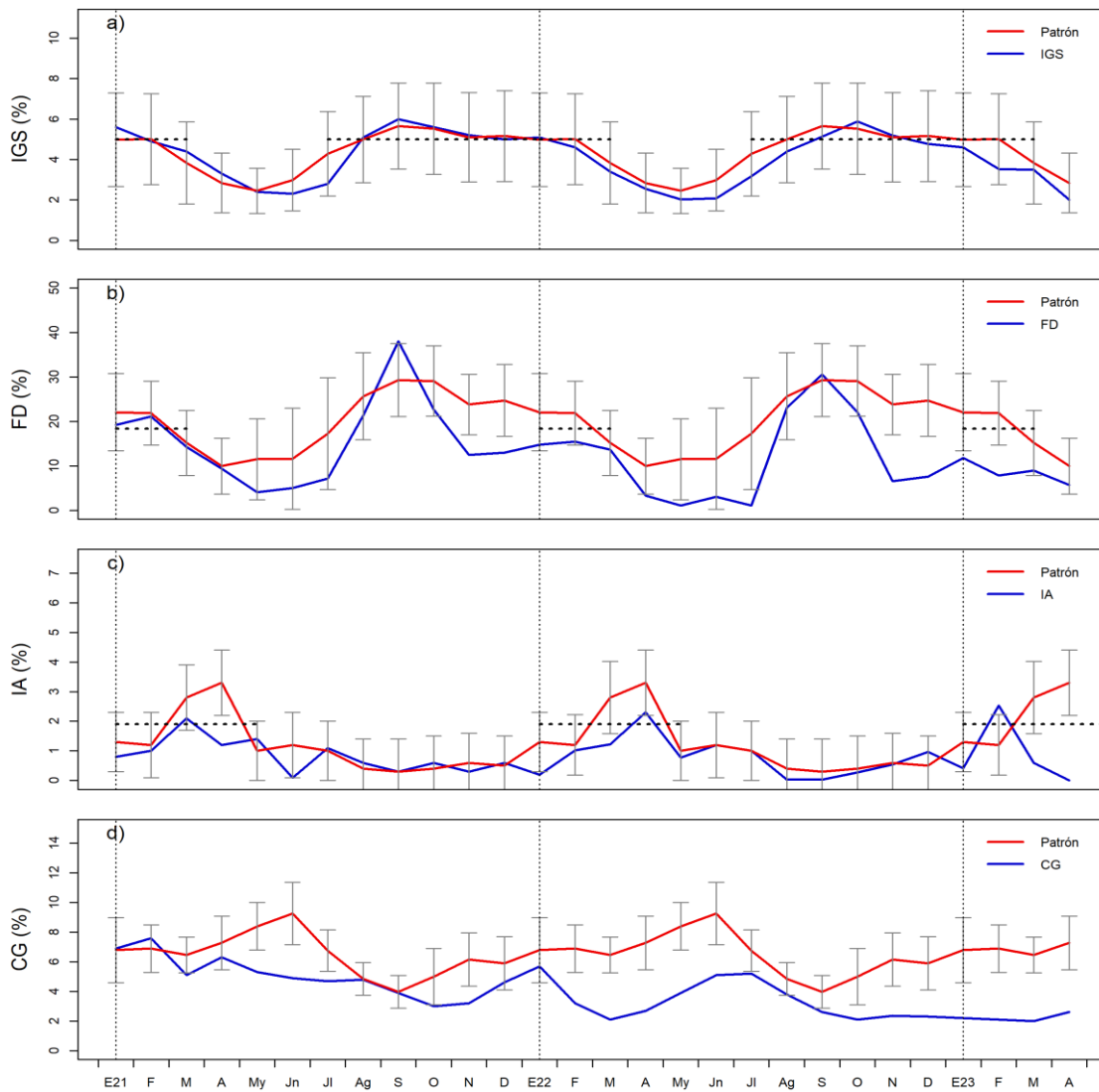


Figura 32. Serie mensual de los indicadores de la condición reproductiva de la anchoveta: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD) y c) Índice de atresia (IA) y de la condición somática: d) contenido graso (CG). De enero 2021-abril 2023.

En el caso de las especies transzonales, en abril, continuó la actividad extractiva realizada por la flota de cerco artesanal y de menor escala. La disponibilidad de estos recursos fue similar marzo. En el caso del jurel y caballa se distribuyeron desde Bahía Independencia hasta Morro Sama, dentro de las 65 mn de la costa, mientras que el bonito presentó una mayor cobertura espacial, desde Punta Sal Hasta Morro Sama, principalmente dentro de las 55 mn de la costa. Las tres especies transzonales presentaron una estructura de tallas de adultos (Figura 33). En cuanto al comportamiento reproductivo de estos recursos transzonales, según el análisis del índice gonadosomático (IGS), la caballa presentó un valor superior a su patrón, indicando que aún mantiene procesos de maduración gonadal importantes; mientras que los recursos jurel y bonito presentaron

valores similares a su patrón, mostrando una baja actividad reproductiva en abril (Figura 34).

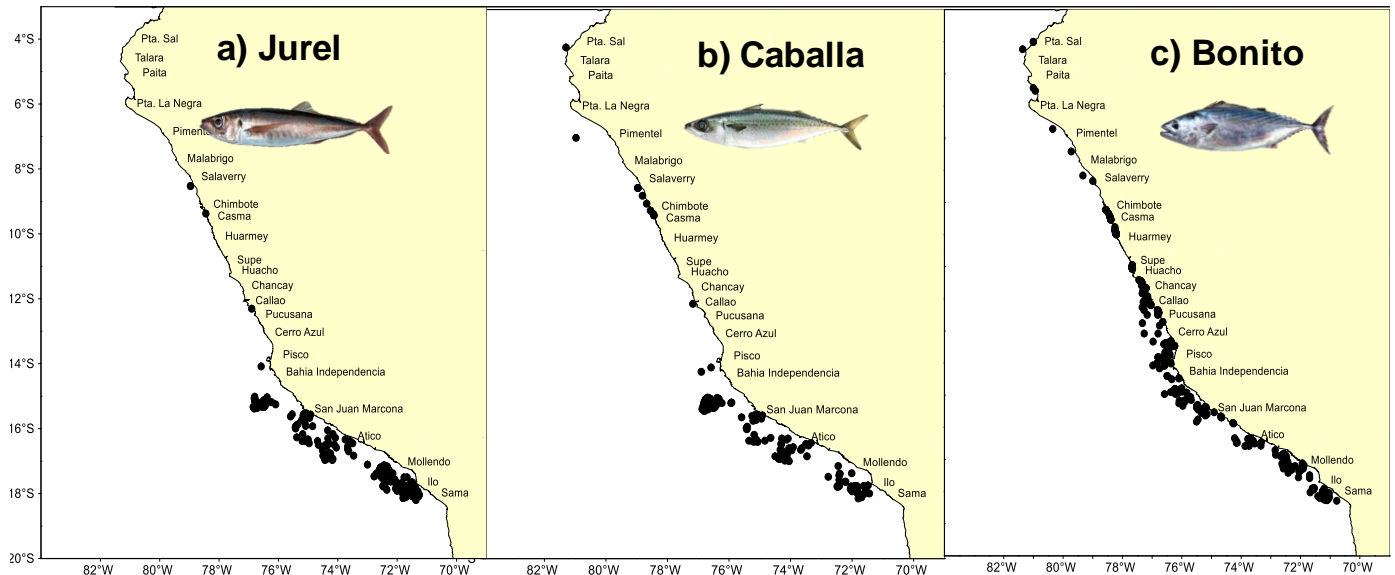


Figura 33. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito. Periodo: abril del 2023.

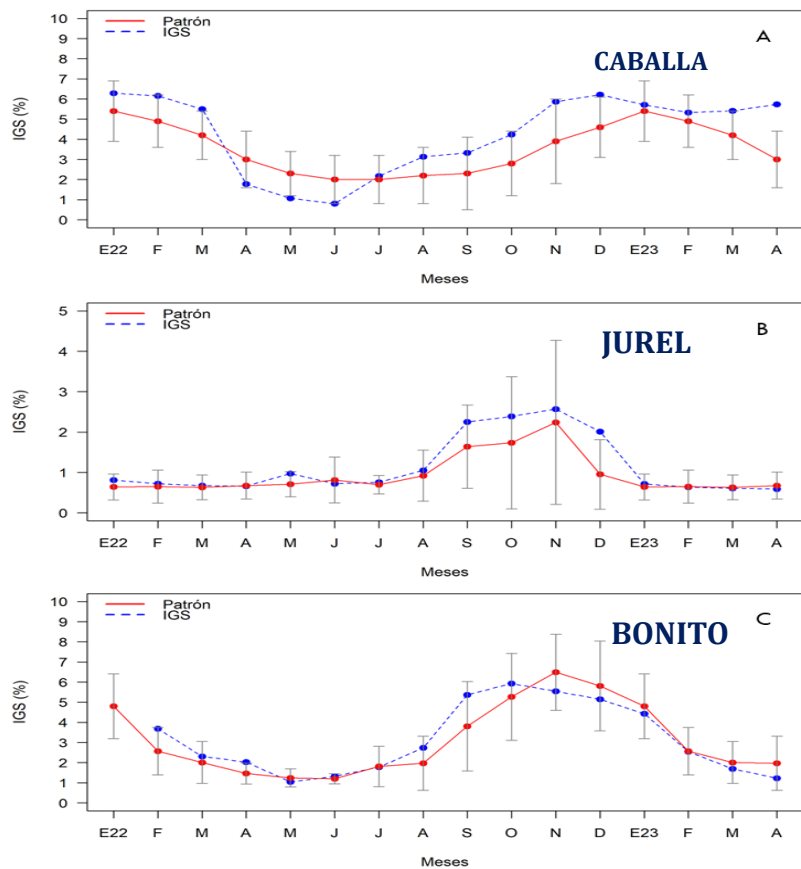


Figura 34. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito. Periodo enero 2022 a abril 2023 respecto a los patrones históricos 1990-2018, 2002 -2016 y 2004 – 2017, respectivamente

Recursos demersales y litorales

Durante la segunda quincena de abril la actividad de la flota industrial arrastrera se distribuyó en el área comprendida desde el extremo norte del litoral peruano hasta frente a Paita. 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 35).

En escala temporal, la CPUE de merluza correspondiente al mes de abril presentó un ligero decremento con respecto al mes de marzo (Figura 36); cabe mencionar que la actividad pesquera fue realizada por pocas embarcaciones. Del 16 al 30 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 (Figura 37).

El calamar gigante y la concha de abanico mostraron disminución de sus desembarques, a diferencia del pulpo cuyo desembarque se incrementó respecto al mes precedente. El calamar común no registró desembarques (Figura 38, b, c, d). El calamar gigante estuvo distribuido entre Punta La Negra y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte y centro (Figura 39).

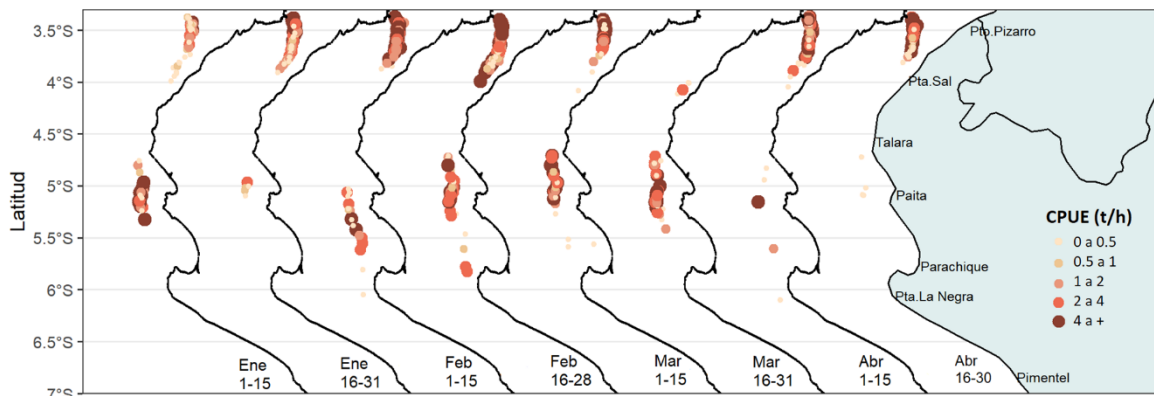


Figura 35. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero y abril (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

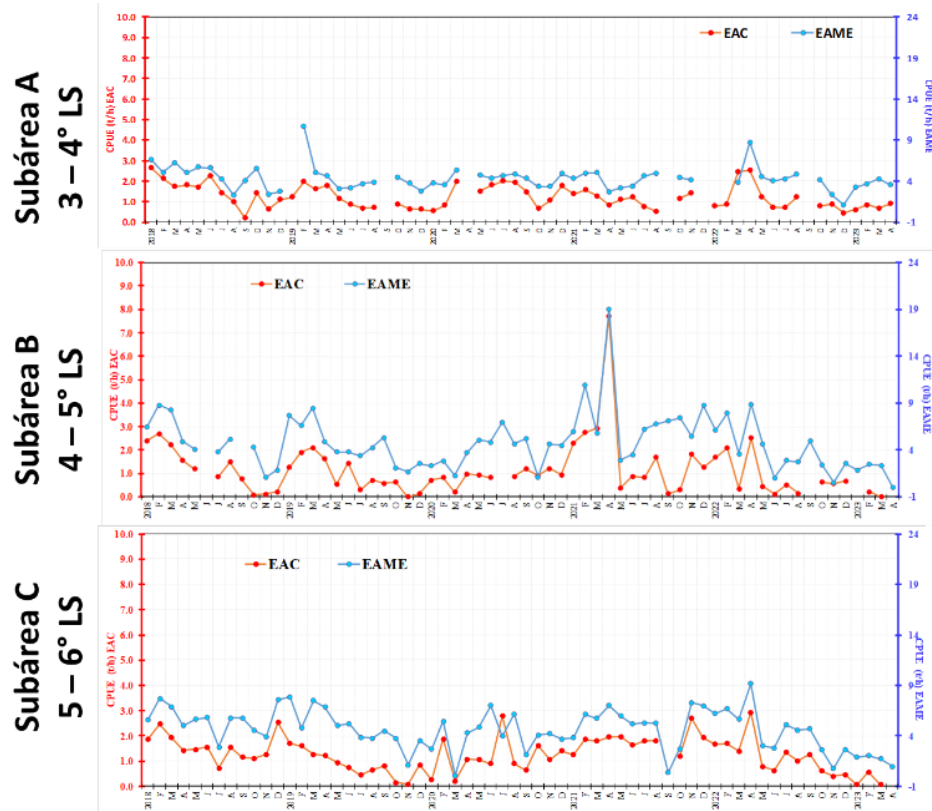


Figura 36. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

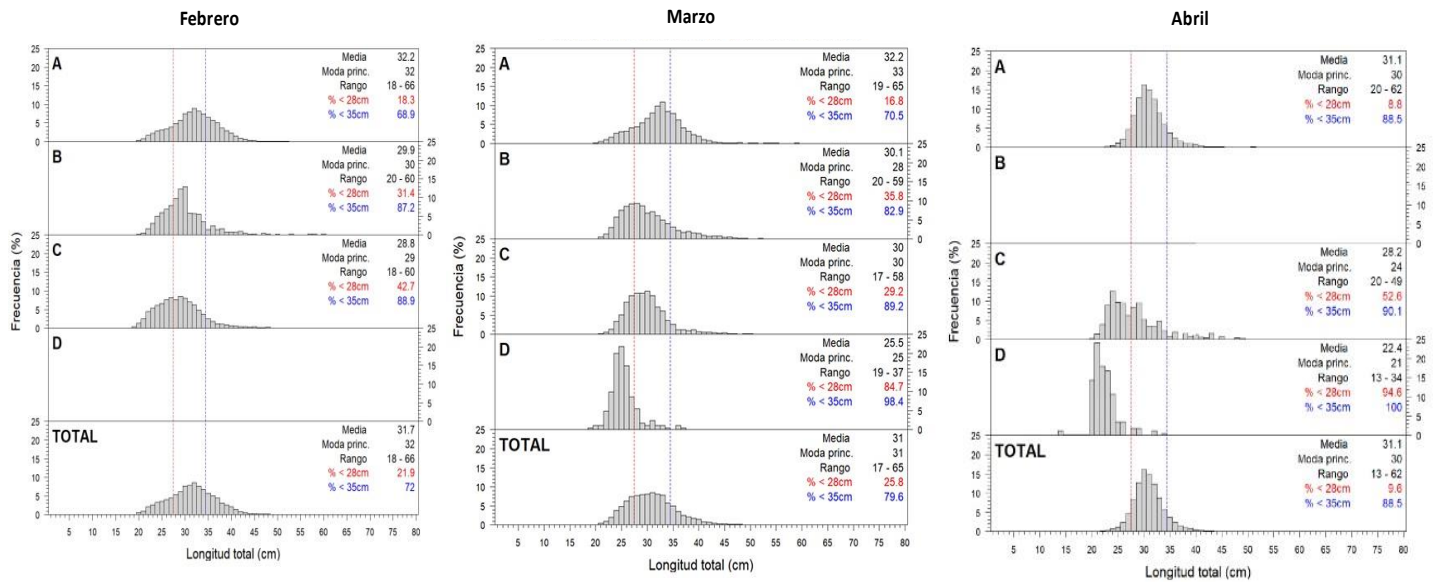


Figura 37. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero y abril 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

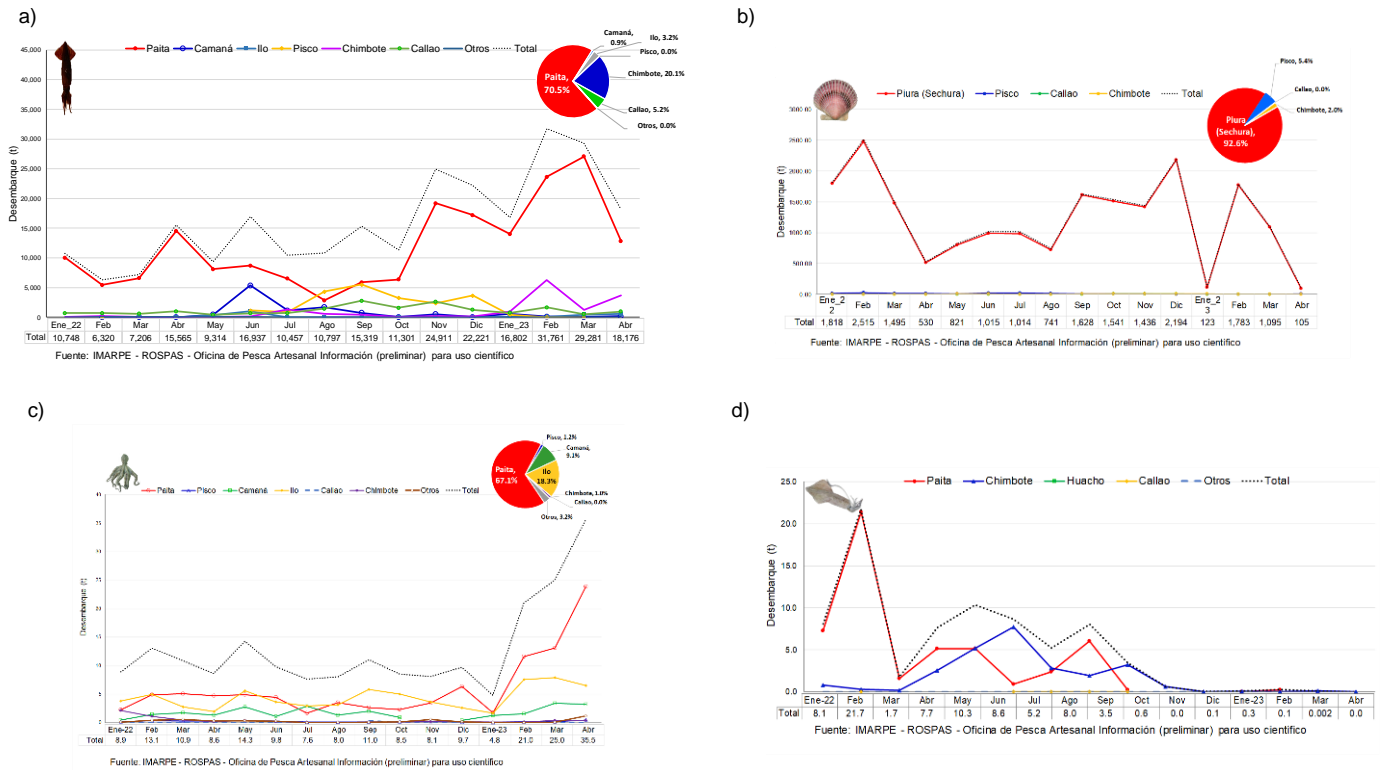


Figura 38. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), pulpo *Octopus mimus* (c), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (d) durante 2022-2023.

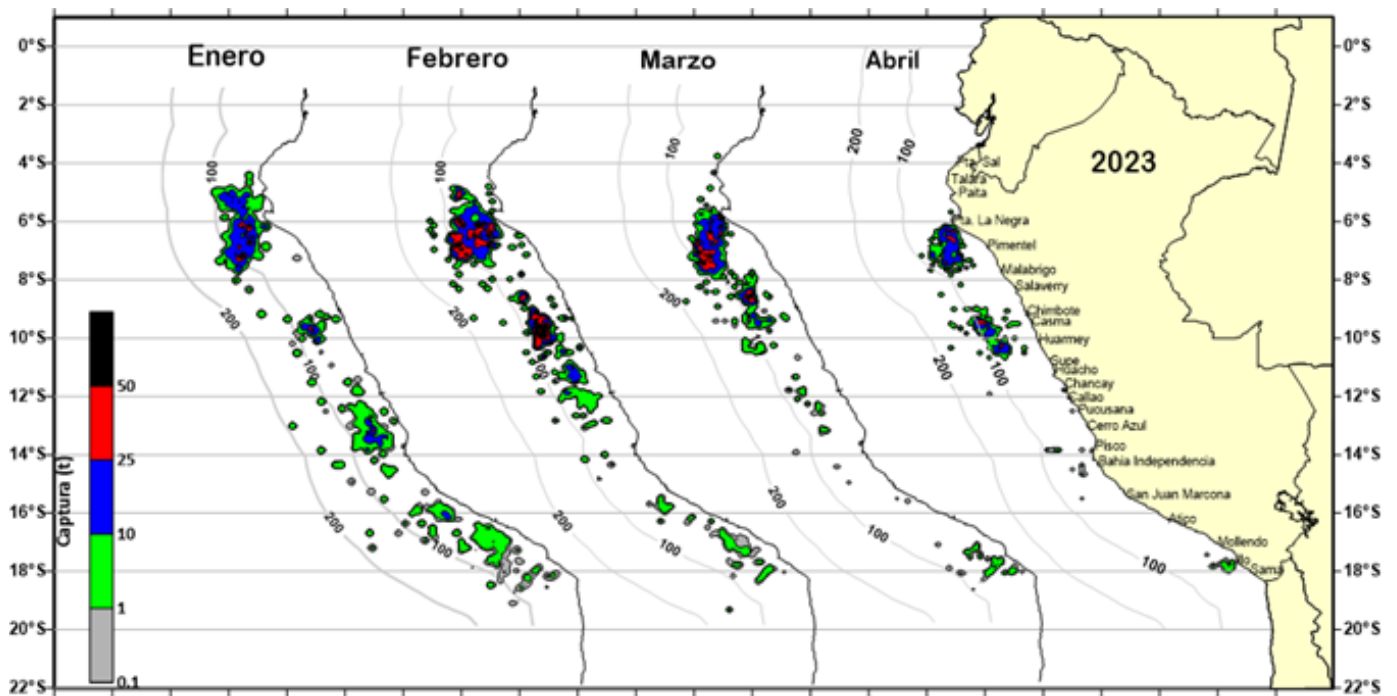


Figura 39. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, abril 2023

3.4. Condiciones hidrológicas

Desde abril a los primeros días de mayo de 2023, los ríos de la costa norte continúan presentando caudales sobre lo normal de forma muy considerables, especialmente en los ríos de Tumbes, Chira, Piura y Zaña, incluso el río Piura presentó una anomalía de 1097,5 % con un caudal histórico máximo de promedio diario de 2 088,3 m³/s. En los ríos del Pacífico centro predominan caudales con anomalías ligeramente por debajo de lo normal, pero en los ríos Mala y Pisco se mantienen los caudales ligeramente sobre lo normal. En los ríos del Pacífico sur las anomalías de caudales son variadas, siendo más frecuentes las anomalías negativas, pero para los ríos de Ica y Sama los caudales se encuentran notoriamente sobre lo normal, mientras que en el Titicaca se mantienen por muy debajo de lo normal (Tabla 3).

Tabla 3. Caudales de los principales ríos durante abril los primeros días de mayo de 2023

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)								Promedio (m3/s)	Anomalía (%)
		Abr-23				May-23					
Pacífico Norte	Tumbes	492.7	529.0	899.8	638.3	783.1	1011.5	484.2	296.7	641.9	208.8
	Chira	568.3	836.4	1082.8	1591.7	1209.1	2088.3	609.8	342.1	1041.1	631.7
	Piura	621.9	908.8	594.7	802.1	569.3	954.0	340.7	171.5	620.4	1097.5
	Motupe	4.2	7.2	4.2	6.4	4.4	3.9	3.1	2.4	4.5	158.7
	La Leche	40.0	52.5	16.5	24.7	15.9	22.7	11.9	8.2	24.0	136.1
	Chancay Lambayeque	114.2	129.9	87.0	106.8	98.0	108.3	62.0	45.2	93.9	63.4
	Zaña	47.8	67.9	34.4	33.3	36.3	40.6	34.2	23.5	39.7	241.2
	Jequetepeque	113.0	121.9	97.3	147.9	114.2	92.3	64.4	47.0	99.7	60.5
	Chicama	75.7	171.9	159.3	189.1	149.3	216.0	121.0		154.6	121.2
	Santa	396.1	414.5	353.4	503.5	441.6	350.7	304.9	293.4	382.3	88.5
Pacífico Centro	Pativilca	48.9	47.4	46.0	51.5	41.7	38.8	29.7	29.5	41.7	-23.7
	Huaral	20.1	18.9	16.6	14.5	11.5	9.4	7.1	7.6	13.2	-29.2
	Chillón	6.2	5.8	5.6	5.8	4.9	4.3	3.5	3.7	5.0	-16.9
	Rímac	32.5	33.7	29.3	24.9	20.8	17.4	16.9	19.7	24.4	-31.6
	Mala	41.6	35.6	35.8	29.2	21.8	16.6	13.0	12.0	25.7	34.9
	Cañete	90.0	57.4	80.4	41.0	29.3	21.8	28.2	32.3	47.5	-23.1
	Pisco	76.4	44.8	40.1	22.5	17.9	14.1	14.5	13.3	30.4	40.1
Pacífico Sur	Ica	65.5	28.2	21.3	8.0	4.3	3.0	4.5	2.7	17.2	203.3
	Ocoña	319.8	132.7	84.7	65.8	57.1	51.3	49.2	46.7	100.9	-21.0
	Huatiapa	206.0	80.8	65.7	55.8	49.0	48.7	48.8		79.3	-8.8
	Chili	15.0	8.4	6.0	3.5	4.5	4.8	4.9	6.5	6.7	-13.9
	Locumba	1.9	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6	1.8	1.8	1.6	-39.8
	Sama	5.9	4.0	2.5	1.5	1.4	1.3	1.3		2.5	113.7
	Caplina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	-20.0
Titicaca	Huancane	10.4	10.6	10.4	8.3	4.5	3.7	3.8	7.0	7.3	-60.1
	Ramis	160.9	66.9	48.4	19.7	13.9	9.8	7.7	7.4	41.8	-57.3
	Coata	91.4	46.0	32.3	17.6	11.5	7.5	6.1	6.2	27.3	-42.4

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

Los principales embalses del país al 09/05/2023 se encuentran al 78,08 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que 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, Sibinicocha y Lagunillas se encuentra por muy debajo de sus valores mínimos históricos al término del periodo de llenado de las represas en el país. Por esta razón, los operadores deben planificar su uso considerando las ofertas hídricas actuales. La represa Poechos el día 16 de abril alcanzó un volumen de almacenamiento de 393,30 hm³ pero, debido a altos valores de flujo a la entrada de la represa y a la presencia de sedimentos, se realizó un desfogue hasta disminuir el volumen de 255,70 hm³. El día 27 de abril se presentó un pico de más de 8000 m³/s (fuente Proyecto Especial Chira – Piura) a la entrada del embalse, lo que también obligó a una nueva descarga, logrando laminarlo y evitando consecuencias aguas abajo (Tabla 4).

Tabla 4. Estado situacional de los reservorios al 09 de mayo del 2023

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	9-May	Piura	445.50	332.60	74.66
Costa - Norte	San Lorenzo	9-May	Piura	195.60	195.60	100.00
Costa - Norte	Tinajones	9-May	Lambayeque	331.55	311.46	93.94
Costa - Norte	Gallito Ciego	9-May	La Libertad	366.09	366.60	100.00
Costa - Centro	Viconga	9-May	Lima	30.00	21.30	71.00
Costa - Centro	Sistema Rimac	30-Abr	Lima, Junín	282.35	229.35	81.23
Costa - Centro	Choclococha	9-May	Ica	131.10	103.70	79.10
Costa - Sur	Ccaracocha	9-May	Ica	40.00	27.10	67.75
Costa - Sur	Condorama	9-May	Arequipa	259.00	233.88	90.30
Costa - Sur	El Pañe	9-May	Arequipa	99.61	87.90	88.24
Costa - Sur	Dique Los Españoles	9-May	Arequipa	9.09	2.00	22.00
Costa - Sur	Pillones	9-May	Arequipa	78.50	50.30	64.08
Costa - Sur	El Frayle	9-May	Arequipa	127.24	95.20	74.82
Costa - Sur	Aguada Blanca	9-May	Arequipa	30.43	13.40	44.04
Costa - Sur	Chalhuanca	9-May	Arequipa	25.00	21.20	84.80
Costa - Sur	Bamputañe	9-May	Arequipa	40.00	22.80	57.00
Costa - Sur	Pasto Grande	9-May	Moquegua	200.00	160.70	80.35
Costa - Sur	Paucarani	9-May	Tacna	10.50	4.70	44.76
Costa - Sur	Laguna Aricota	9-May	Tacna	280.00	197.40	70.50
Sierra - Centro	Jarumas	9-May	Tacna	13.00	13.03	100.00
Sierra - Centro	Cuchoquesera	9-May	Ayacucho	80.00	77.30	96.63
Sierra - Sur	Lago Junin	9-May	Junin	441.00	231.30	52.45
Sierra - Sur	Lagunillas	9-May	Puno	585.13	433.00	74.00
Sierra - Sur	Sibinacocha	9-May	Cusco	110.00	56.10	51.00
Situación Nacional				4210.69	3287.91	78.08

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 iniciándose la fase de maduración lechosa; asimismo, estas condiciones ambientales propiciaron el desarrollo y maduración de los brotes vegetativos del cultivo de mango para la campaña 2023/2024. Sin embargo, en la sierra de Piura las precipitaciones ocasionaron la activación de quebradas ocasionando inundación con impactos específicos sobre cultivos como maíz, frijol, banano, arroz. Como impacto positivo a consecuencia de las precipitaciones se observa la importante regeneración natural de especies herbáceas y arbustivas. En la costa sur en la localidad de La Yarada (Tacna), el cultivo del olivo presentó la fase de maduración en verde claro final al 90 % en buen estado. La temperatura máxima con anomalía positiva y dentro del rango térmico óptimo favoreció el desarrollo reproductivo del olivo, sin embargo, esto también favoreció la presencia de las plagas: *Orthezia olivicola* con un 30 % de daños a las hojas (Figura 40).

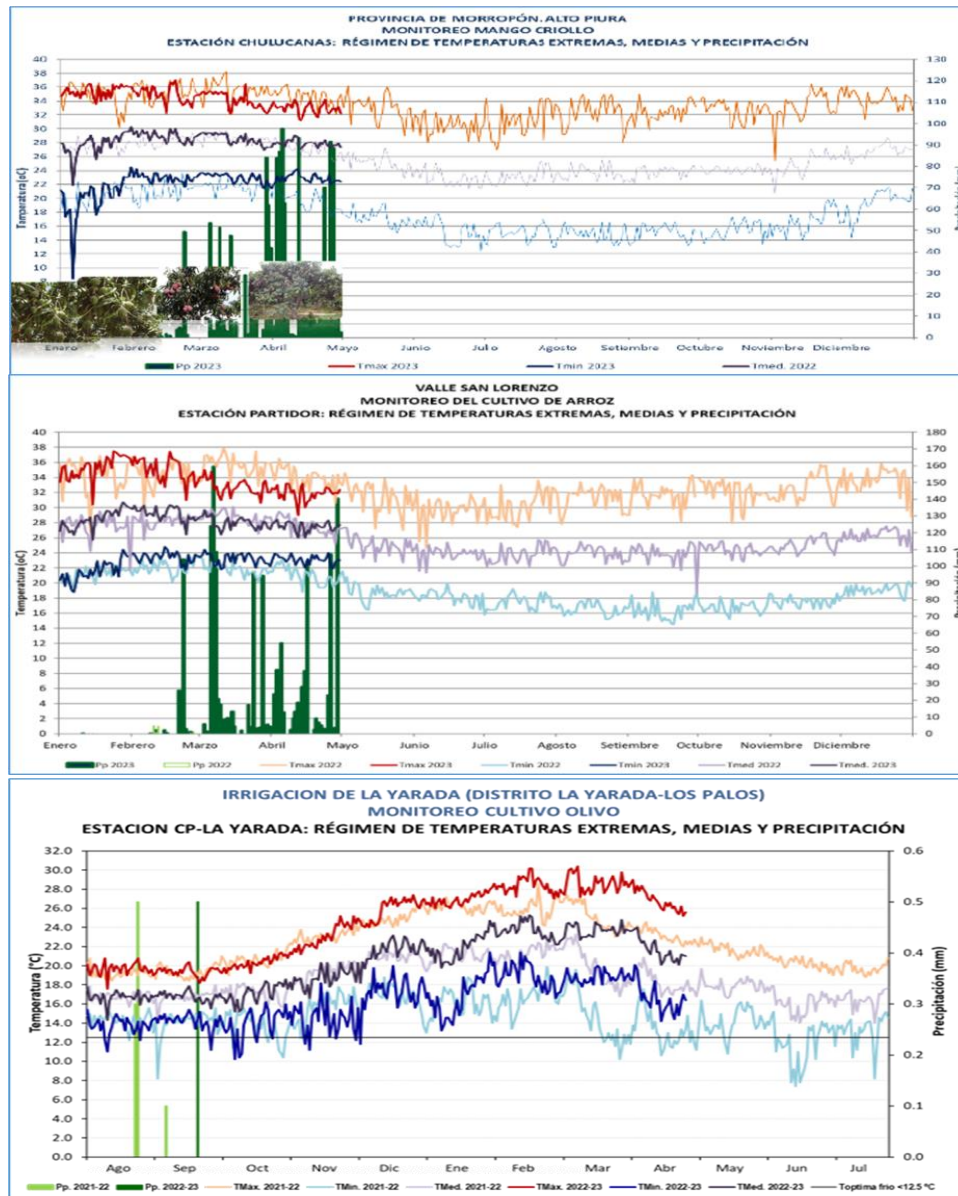


Figura 40. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023. Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME, con condiciones iniciales de mayo de 2023, indican en promedio, condiciones de cálidas débiles a cálidas moderadas de junio a agosto para el Pacífico central (Niño 3.4); entre los meses de setiembre a marzo de 2024 se esperarían condiciones cálidas fuertes, siendo los meses más cálidos diciembre 2023 y enero 2024 (Tabla 5). Cabe indicar, que a la fecha, aún no se observan pulsos de anomalías del oeste significativos en el Pacífico ecuatorial, los cuales contribuirían a aumentar el contenido de calor en la región y a generar nuevas ondas Kelvin cálidas.

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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	0.96	1.40	1.70	1.96	2.19	2.31	2.18	1.89	NaN	NaN
CanCM4i	0.92	1.33	1.63	1.81	1.92	2.07	2.12	2.03	1.80	1.53
GEM5_NEMO	0.84	1.01	1.09	1.16	1.23	1.28	1.30	1.32	1.30	1.20
NASA	0.72	0.92	0.92	0.80	0.71	0.68	0.64	NaN	NaN	NaN
GFDL_SPEARE	1.07	1.43	1.70	1.90	2.10	2.35	2.53	2.53	2.32	1.99
COLA	0.73	1.09	1.42	1.67	1.81	1.89	1.93	1.86	1.70	1.48
Promedio										
NMME	0.87	1.20	1.41	1.55	1.66	1.76	1.78	1.93	1.78	1.55

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio, condiciones cálidas fuertes para los meses del periodo de junio a octubre, y cálidas moderadas de noviembre a marzo de 2023 (Tabla 6).

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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	2.35	2.23	2.09	1.84	1.68	1.67	1.77	1.84	NaN	NaN
CanCM4i	2.27	2.36	2.34	2.09	1.82	1.64	1.60	1.54	1.42	1.29
GEM5_NEMO	1.86	1.75	1.69	1.49	1.24	1.00	0.84	0.69	0.60	0.63
NASA	2.63	2.52	2.20	1.73	1.26	0.87	0.50	NaN	NaN	NaN
GFDL_SPEARE	2.82	2.98	3.04	2.90	2.73	2.56	2.35	1.97	1.63	1.52
COLA	2.17	2.07	1.88	1.69	1.56	1.55	1.50	1.37	1.21	1.07
Promedio										
NMME	2.35	2.32	2.21	1.96	1.72	1.55	1.43	1.48	1.22	1.13

Analizando las proyecciones basadas en los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se espera aún la presencia de ondas de Kelvin cálidas frente a la costa peruana, por lo pronto, hasta julio, siendo probablemente la más intensas las que llegarían 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 41, Figura 42).

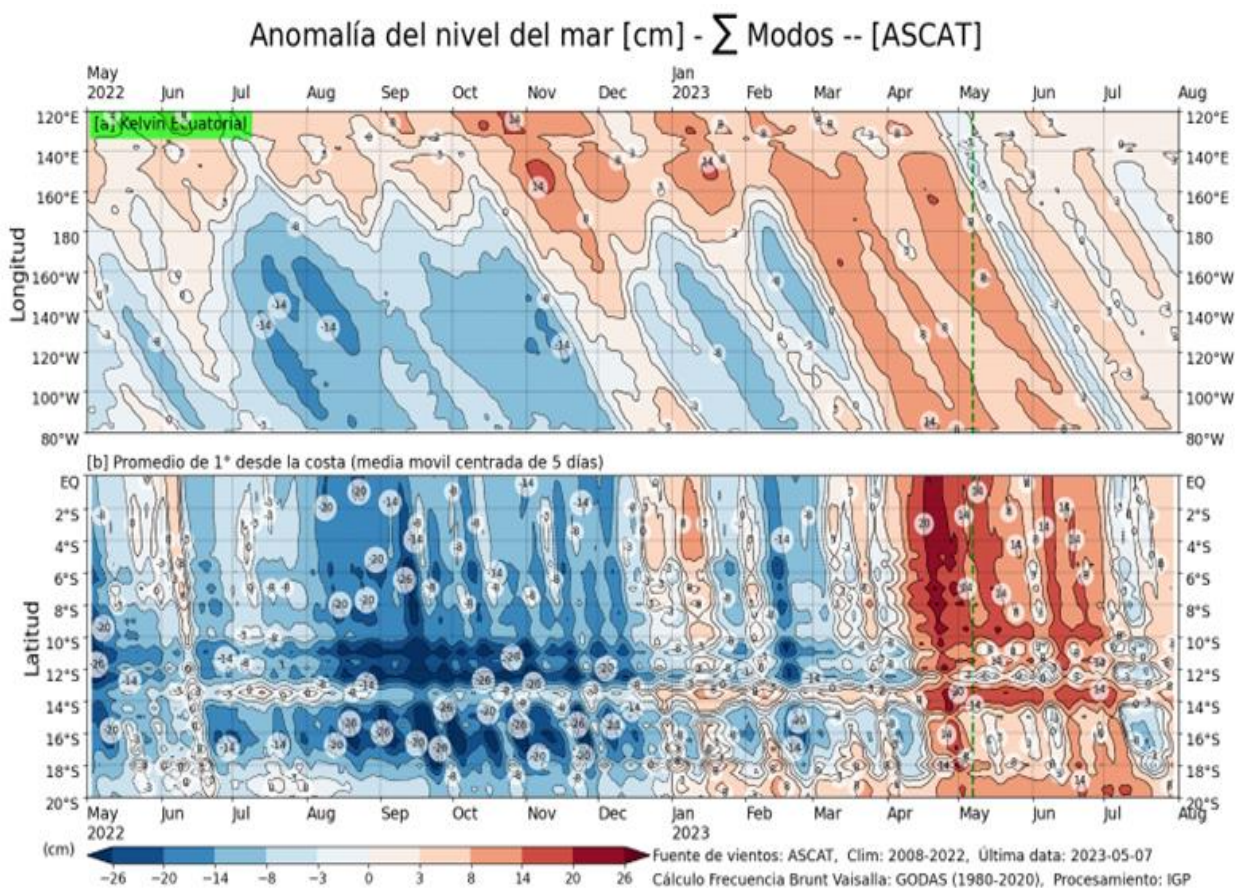


Figura 41. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

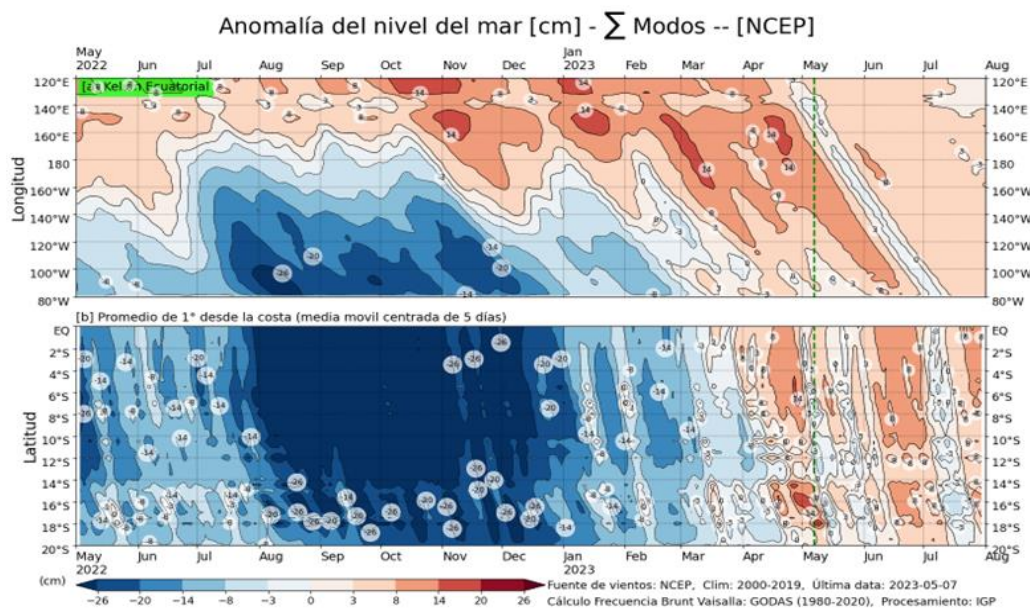


Figura 42. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior). La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue 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 valores dentro de lo normal hasta mayo de 2023 y que posteriormente ocurra la transición hacia condiciones El Niño que alcanzarían una magnitud débil hasta setiembre, seguida de una magnitud moderada en octubre. Esto hace prever que El Niño en el Pacífico central tendría su mayor intensidad hacia fines de 2023 (Tabla 7, Tabla 8 y Figura 43). Para el verano 2023-2024 la magnitud de El Niño sería débil (Tabla 10).

Tabla 7. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre mayo y octubre 2023.

Pacífico central	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)	Octubre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	1
Neutro	51	35	21	16	10	6
Cálida débil	49	55	60	53	47	41
Cálida moderado	0	10	19	30	41	48
Cálida fuerte	0	0	0	1	2	4
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas hasta al menos octubre de 2023 (Tabla 8 y Figura 43), variando de fuerte en otoño a moderado entre invierno y primavera. Finalmente, para el verano 2023-2024 la magnitud de El Niño continuaría decayendo y la mayor probabilidad corresponde a El Niño de magnitud débil.

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

Pacífico oriental	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)	Octubre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	0	1	2
Cálida débil	0	0	5	10	13	17
Cálida moderado	30	42	45	50	54	58
Cálida fuerte	70	58	50	40	32	23
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0

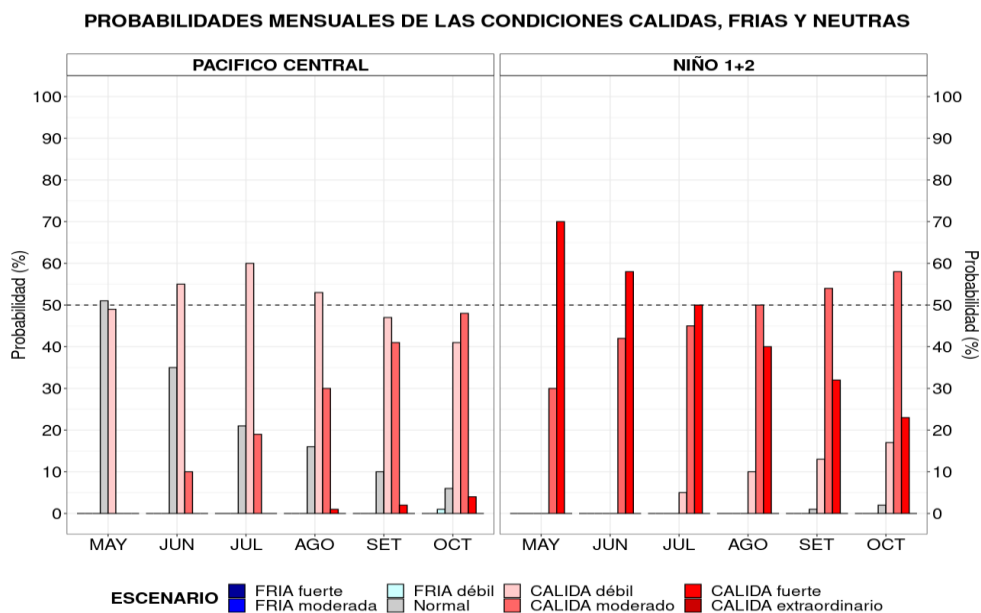


Figura 43. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre mayo y octubre 2023.

Tabla 10. 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	0
La Niña Moderada	2
La Niña Débil	5
Neutro	25
El Niño Débil	34
El Niño Moderado	28
El Niño Fuerte	5
El Niño Muy fuerte	1

Tabla 11. 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	0
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	5
Neutro	28
El Niño Débil	34
El Niño Moderado	23
El Niño Fuerte	8
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 mayo disminuye la probabilidad de ocurrencia de lluvias intensas en la costa norte; sin embargo, las temperaturas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal a lo largo de la costa.

En cuanto a los recursos pelágicos, de continuar las condiciones ambientales se prevé que continúe la disponibilidad y accesibilidad de especies oceánicas, frente al mar peruano. Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza mantenga su alta dispersión, lo que podría reflejarse en cambios de la estructura por tallas de las capturas de la flota de arrastre industrial, dependiendo de la intensidad y duración de las condiciones cálidas vigentes.

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

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que estima que El Niño costero continuará por lo menos hasta inicios de la primavera del presente año. La magnitud más probable del evento en general sería de fuerte a moderada, con las máximas anomalías de temperatura del mar en otoño. 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. Se estima que las condiciones cálidas alcanzarían una magnitud débil hasta setiembre, seguida de una magnitud moderada en octubre. Esto hace prever que El Niño en el Pacífico central tendría su mayor intensidad hacia fines de 2023.

Para el próximo verano 2024, la comisión estima que para el Pacífico central (región Niño 3.4), El Niño tiene una probabilidad de 68 %, siendo más probables la categorías débil (34 %) y moderada (28 %). De la misma forma, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) El Niño tiene una probabilidad de 66 %, siendo más probable una magnitud débil (34 %; Tablas 1 y 2). En este escenario es probable la ocurrencia de 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 y las proyecciones para el verano 2024, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta.

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 31 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
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,

