

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



AÑO 9 N° 3

INFORME TÉCNICO ENFEN

MARZO 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 Carlos Montero Chirito
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada
Ing. Carlos Yañez
Jefe del 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), 2022.

Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°3, marzo de 2023, 42 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: 30 de marzo de 2023



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

MARZO 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 MARZO 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	37
3.4.	Condiciones hidrológicas.....	47
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	49
IV.	PERSPECTIVAS	50
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
VI.	REFERENCIAS	60
VII.	ANEXO	62

I. INTRODUCCIÓN

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

En tal contexto, la Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN) mantiene el monitoreo constante y las predicciones del desarrollo de ENOS, reportando periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial, sudoriental, haciendo énfasis frente a la costa de Perú. Asimismo, el análisis del monitoreo de los impactos en el ecosistema marino, reportando los indicadores de fertilidad y productividad de algunos recursos hidrobiológicos del mar peruano, la respuesta de los principales recursos y de la actividad pesquera. Además, el ENFEN hace un seguimiento constante del impacto hidrológico, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, esta comisión formula la previsión de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

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

II. MÉTODOS

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 mayor 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 EN MARZO DE 2023

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

Desde el 15 de marzo hasta la fecha (30 de marzo), la TSM ha oscilado cerca de su valor climatológico en gran parte del Pacífico ecuatorial, similar a la primera quincena de este mes. Sin embargo, en la región oriental, la anomalía promedio fue superior a 0.5°C, lo que representa un aumento en comparación con la primera quincena (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**). En cuanto a las regiones Niño, la anomalía de la TSM se mantuvo cerca de cero en Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3. Sólo en Niño 1+2 hubo un aumento de la anomalía de +1.3°C a +1.7°C entre la primera y la segunda quincena. (Tabla 1, Tabla 2)

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
Set. 22	19.70 -1.02	23.94 -0.96	25.65 -1.07	27.59 -1.17
Oct.	19.23 -1.79	23.88 -1.10	25.73 -0.98	27.64 -1.12
Nov.	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. 23	24.00 -0.57	25.10 -0.55	25.83 -0.71	27.66 -0.66
Feb.	26.37 0.27	26.19 -0.22	26.19 -0.56	27.58 -0.62

Tabla 2: Valores semanales de la TSM y sus anomalías en las regiones Niño.
Fuente: OISST.v2

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
1-Mar-23	27.6 1.1	26.8 0.1	26.7-0.2	27.7-0.4
8-Mar-23	28.0 1.5	27.3 0.4	27.0-0.1	27.9-0.2
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

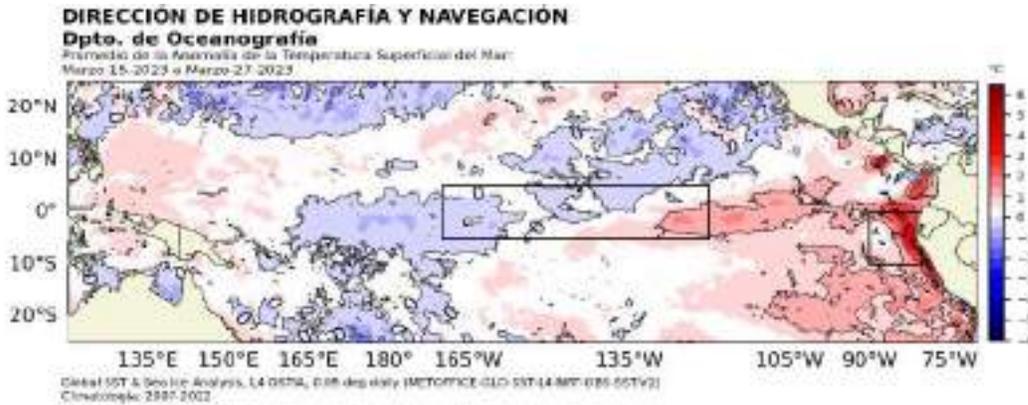


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico entre el 15 y 17 de marzo 2023. La región Niño 3.4 y Niño 1+2 están delimitadas por cuadros negros. **Fuente:** ERSSTv5.0. **Procesamiento:** DIHIDRONAV.

Los valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de enero y el ICEN temporal (ICEN- tmp) de febrero de 2023 se ubican dentro de la condición neutra. Por otro lado, los valores del ONI de enero y el temporal (ONItmp) de febrero corresponden a una condición fría débil y neutra, respectivamente (Tabla 3)

Tabla 3: Valores del ONI e ICEN desde febrero de 2022 hasta enero de 2023 y sus valores temporales de febrero.

Fuente: IGP

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
feb-22	-1,05	Fría Débil	-0,95	Fría Débil
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
feb-23	0,09	Neutro	-0,46	Neutro

En los últimos 15 días, el núcleo de un paquete de ondas Kelvin cálidas arribó a la costa peruana. La onda Kelvin fría, localizada en aproximadamente 120°W no muestra una intensidad relevante, posiblemente debido al escenario actual de anomalías positivas del nivel del mar. Por otro lado, una nueva onda de Kelvin cálida, localizada en 135 °W, continúa acercándose a la costa americana. Tanto su señal en el nivel del mar como en la profundidad de la termoclina se ven más intensas que las de otras ondas (Figura 2 y Figura 3).

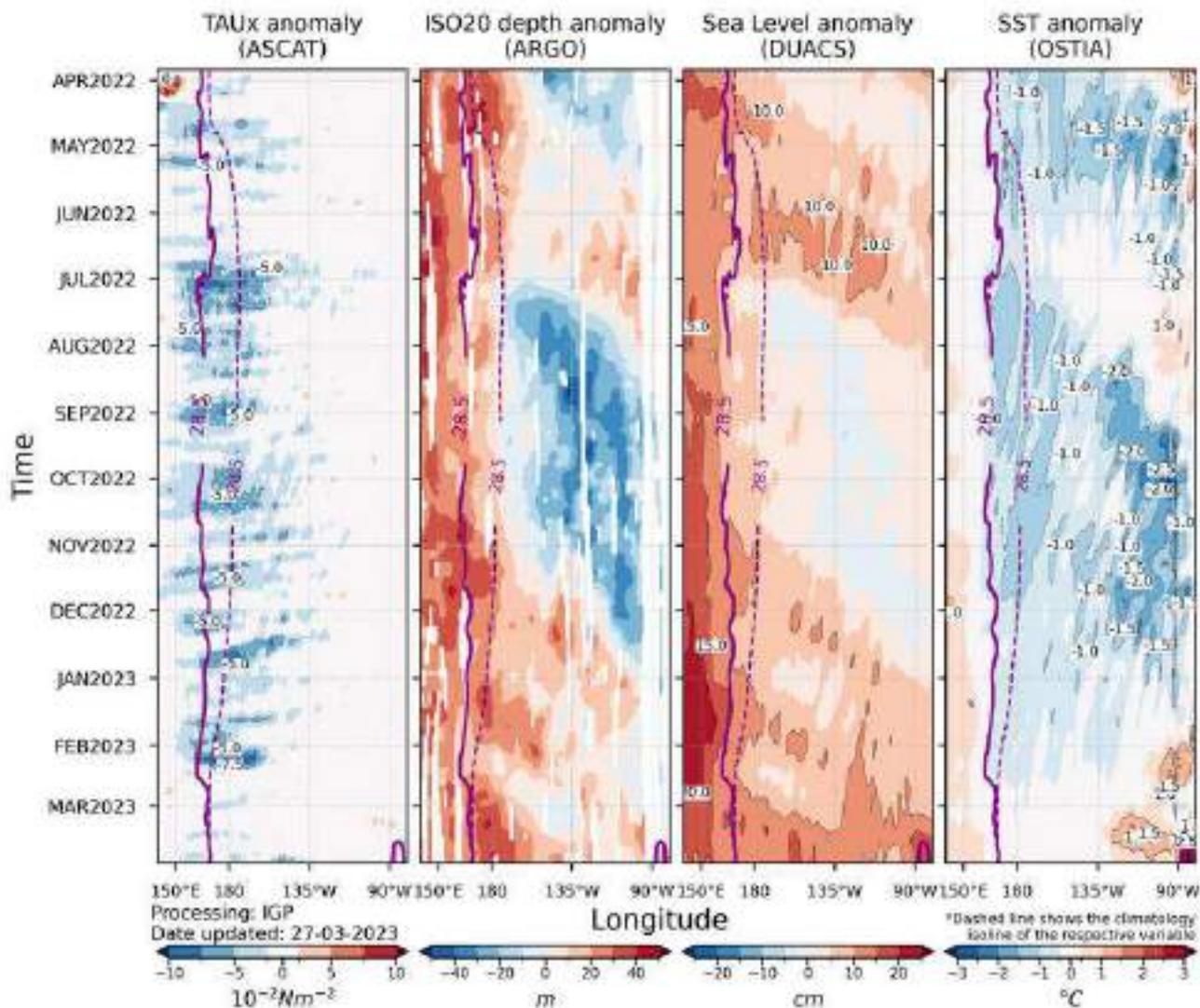


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C)

Fuente: OSTIA. **Elaboración:** IGP.

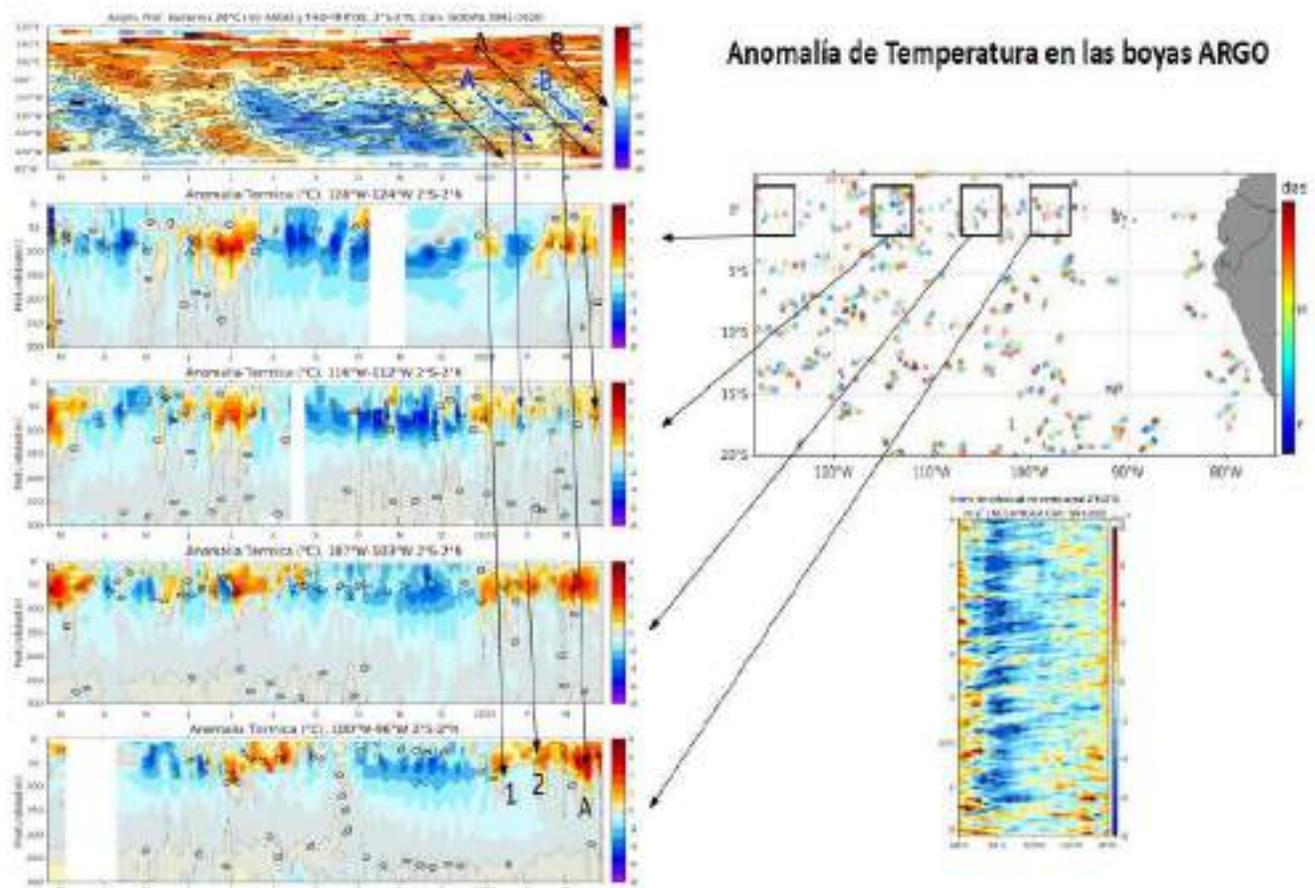


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la evolución de la anomalía de la profundidad (m) de la isoterma de 20 °C en el Pacífico Ecuatorial (120°E a 80°W), y evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores en el Pacífico Ecuatorial oriental (Figuras de la derecha, de arriba hacia abajo); ubicación de las regiones y posiciones de los perfiladores ARGO utilizados para elaborar los Hovmoller de anomalía de temperatura, para los últimos dos meses (Figura superior derecha), Hovmoller de la evolución de la anomalía de la velocidad del viento zonal a 10 m sobre la superficie del mar en el Pacífico Ecuatorial (120°E a 80°W)

Fuente: NCEP/NCAR - ARGO, climatología: 1991-2020 (Figura izquierda inferior).

Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

En marzo, sobre el Pacífico ecuatorial, el patrón subsidente (célula de Walker) desde la línea de cambio de fecha hacia los 120°W persistió, favoreciendo flujos zonales intensos del oeste en superficie, comportamiento que favoreció el confinamiento de la humedad hacia la vertiente occidental de los Andes, aunado a la presencia de un sistema de baja presión sobre los 7°S - 88°W, denominado ciclón con características tropicales no organizado “Yaku”, cuya posición y desplazamiento favoreció una intensa advección de humedad hacia la vertiente occidental, de Tumbes a Ica principalmente. Asimismo, el predominio del patrón intraestacional de la MJO (Madden Julian Oscillation) posicionándose sobre el Pacífico oriental y Sudamérica exacerbó la convección organizada en los Andes occidentales y en la región ciclónica “Yaku”. Por otro lado, sobre media y alta tropósfera en continente, flujos del este con difluencia muy marcada, fueron los patrones de circulación dominantes en el lado noroeste del Perú (Figura 4).

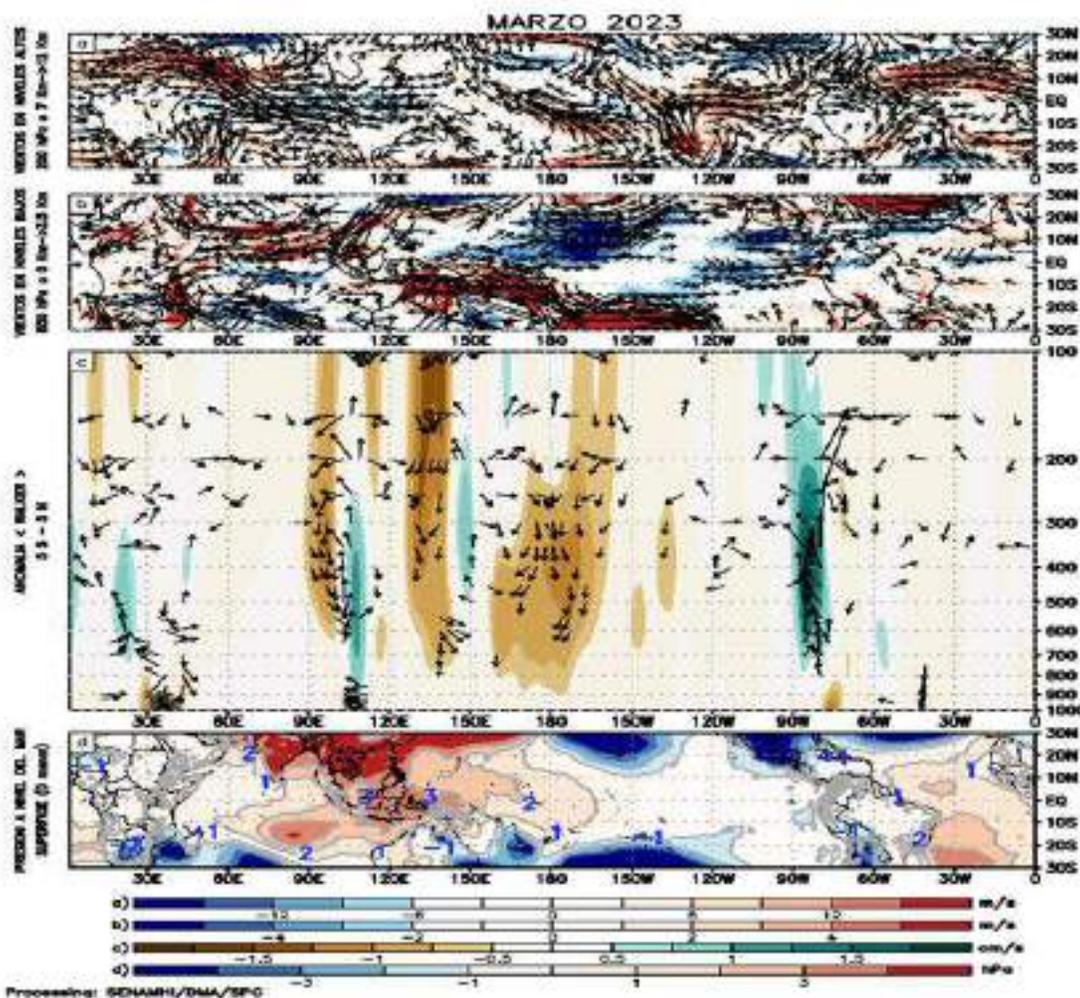


Figura 4. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para marzo de 2023, (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para marzo de 2023.

Fuente: GFS. **Procesamiento:** SENAMHI.

La configuración zonal y debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) desde inicios de marzo, así como su posición en latitudes medias entre los 40°S y 50°S, moduló el debilitamiento de los alisios en la región tropical próxima a la costa peruana, facilitando la entrada de flujos de viento del norte y oeste cálidos y húmedos sobre gran parte de la franja costera (Figura 5). A partir del 20 de marzo los vientos anómalos del norte se retiran de la franja costera; sin embargo, se mantienen anomalías del norte alejados de la costa peruana. Las anomalías de vientos del norte favorecieron el incremento de la temperatura del aire y concentración de humedad sobre gran parte de la franja costera (Tumbes - Ica) especialmente en las cuencas medias de la vertiente occidental norte y centro, y el consecuente desarrollo de actividad convectiva asociada a intensas lluvias principalmente en la zona norte y central, así también sobre la zona marítima frente a la costa norte.

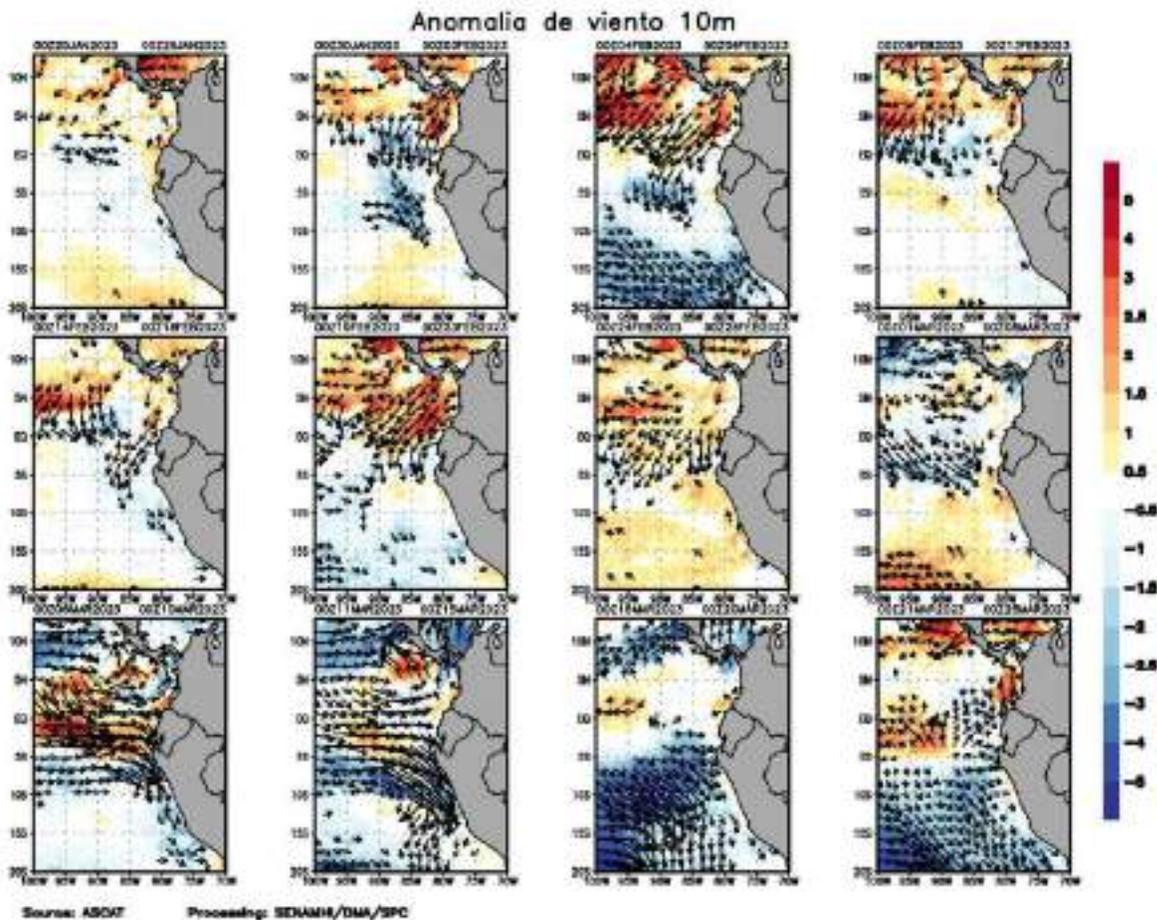


Figura 5. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica.

Fuente: ASCAT, **Procesamiento:** SENAMHI-SPC

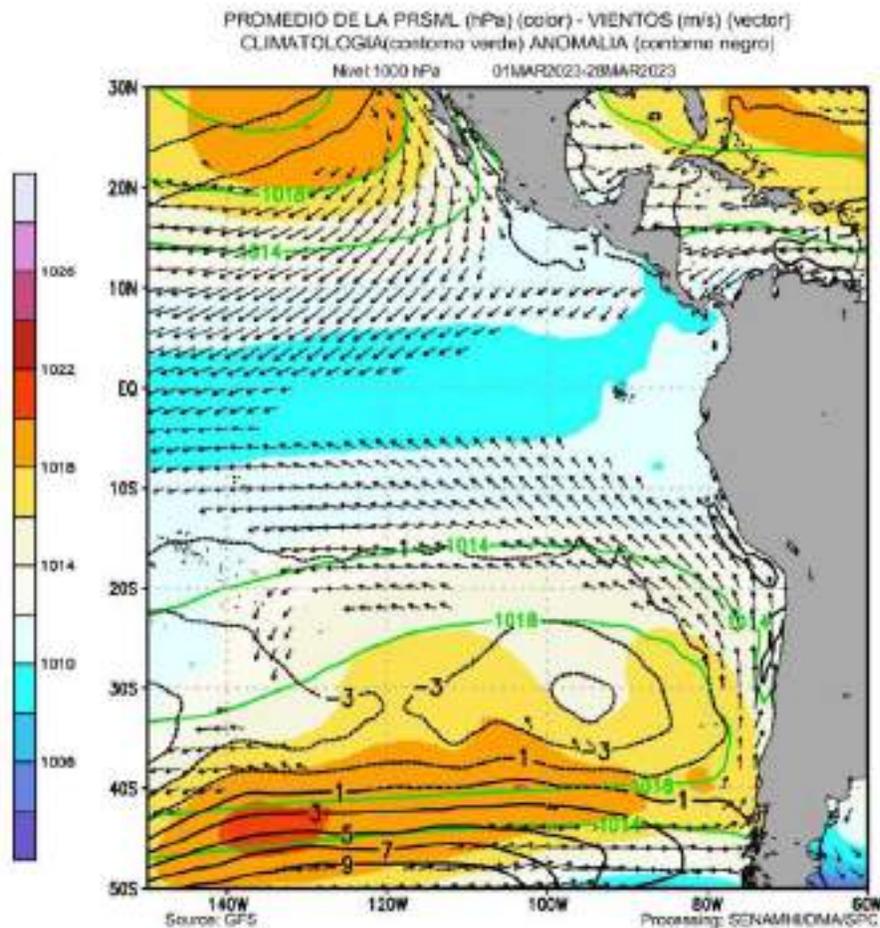


Figura 6. Promedio mensual climático de la presión (hPa, línea verde), Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (hPa, shaded) y anomalía de la presión reducida a nivel medio del mar (hPa, línea negra) y vientos (flechas) para marzo de 2023.

Procesamiento: SENAMHI.

En la Figura 6 se observa el campo de presión promedio reducido a nivel medio del mar para el mes de marzo, donde se identifica al Anticiclón del Pacífico Sur (APS, hPa, matiz de colores). Se observa el núcleo del APS sobre la franja de latitudes medias entre los 40°S y 50°, desplazado al suroeste de su posición habitual (30°S), con valores próximos a los 1020 hPa y anomalías entre +3 y +9 hPa. Su configuración zonal propició que los vientos alisios hacia latitudes tropicales fueran débiles, particularmente frente a la costa peruana. Por otro lado, cabe recalcar que los flujos de niveles medios y altos de latitudes subtropicales, asociados a vaguadas de ondas largas, apoyaron el confinamiento del APS hacia el extremo suroeste de su posición habitual.

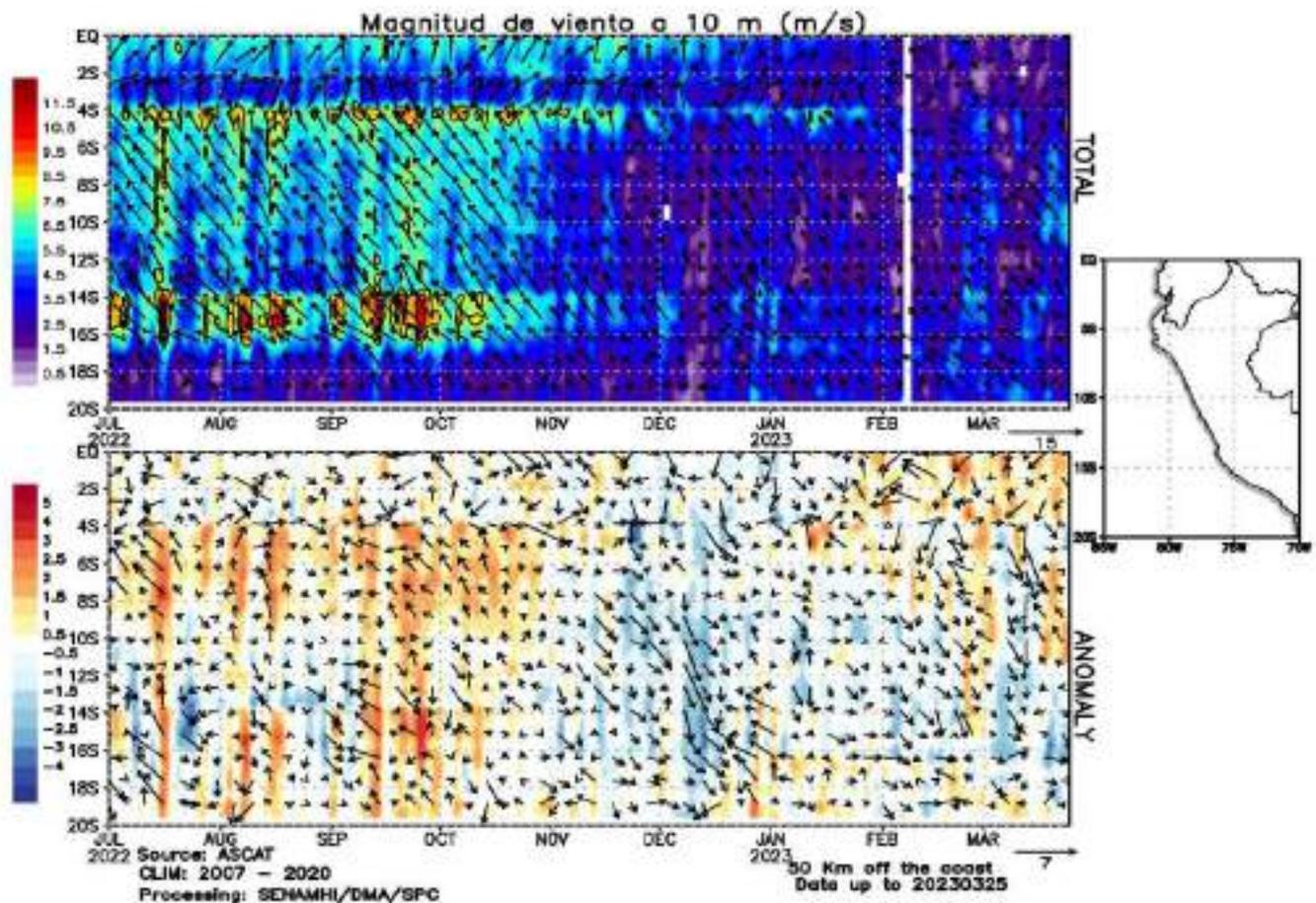


Figura 7. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (superior). Diagrama Hovmöller de la anomalía de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (inferior). Actualizado hasta 27 de marzo de 2023. Análisis 50 Km fuera de costa

Fuente: Satélite ASCAT **Procesamiento:** SENAMHI

La Figura 7, muestra la evolución de los vientos frente a la costa peruana, donde se evidencia el debilitamiento de los vientos alisios y con mayor relevancia la costa norte, dicho debilitamiento de los alisios propició el ingreso de flujos de vientos del norte sobre gran parte de la franja costera favoreciendo el incremento de la temperatura del aire y la acumulación de humedad en las cuencas medias de la vertiente occidental de Tumbes a Ica, durante las dos primeras semanas de marzo.

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 débiles ($< 4,1$ m/s) durante la primera quincena del mes asociados a anomalías negativas, mientras que para la segunda quincena el viento se incrementó hasta alcanzar valores de 6 m/s, asociados a anomalías positivas en la zona entre Paita y San Juan. El afloramiento costero presentó valores menores a $100 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 \text{ m}$ frente a la costa norte, durante todo el mes, incrementándose a $150 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 \text{ m}$ entre la costa central y sur. Con respecto al bombeo de Ekman, este continuó presentando anomalías negativas durante la segunda quincena del mes, vinculados al debilitamiento de los vientos alisios del sudeste, e incluso a su cambio de dirección de sureste a noroeste frente a la costa norte (Figura 8, Figura 9).

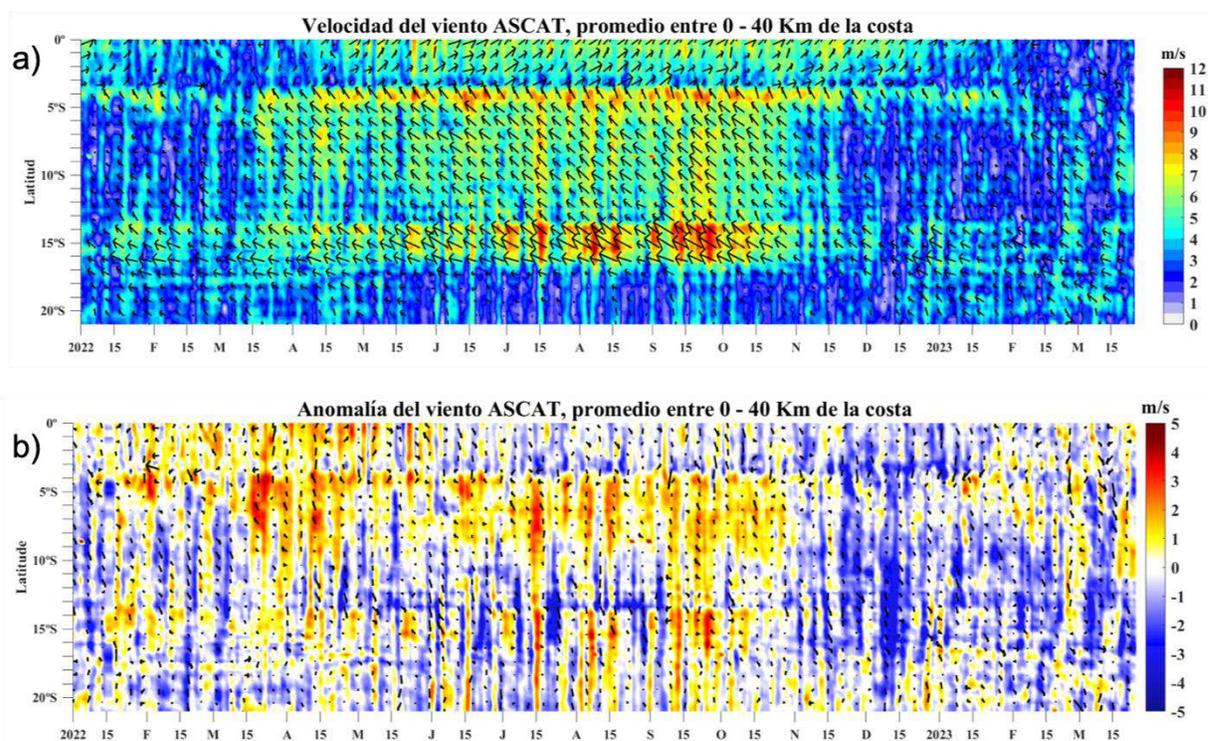


Figura 8. Viento a 40 km frente a la costa de Perú. a) Velocidad del viento (m/s), b) anomalía de la velocidad del viento (m/s).

Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: LSR/IMARPE.

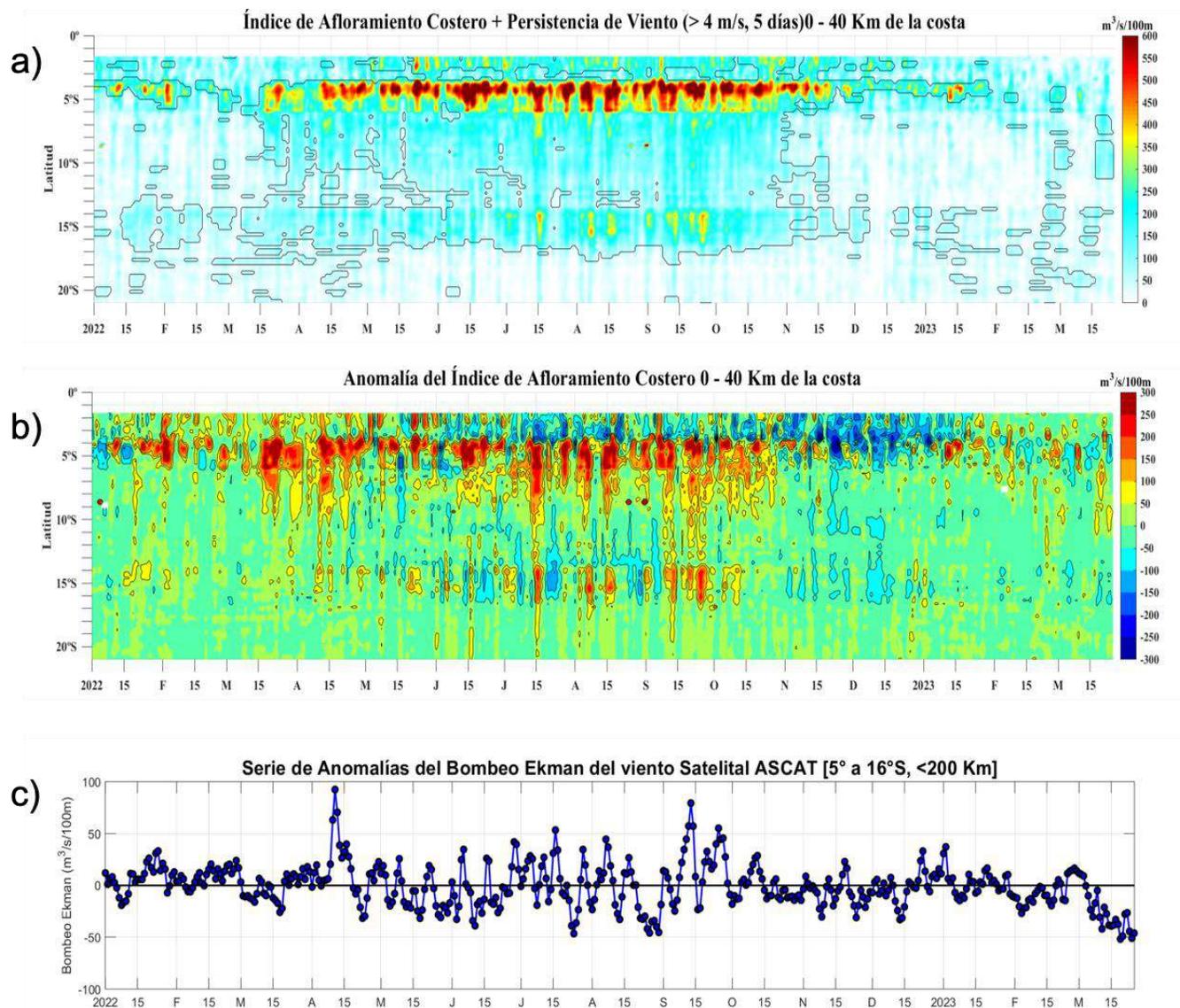


Figura 9. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($m^3 s^{-1}$); c) Anomalía del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 Km adyacentes a la costa entre los 5 y 16° S ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$).

Fuente: Satélite ASCAT, **Procesamiento:** Laboratorio de Hidro- Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

En lo que va de marzo, a lo largo de la costa, las temperaturas extremas del aire se incrementaron alcanzando anomalías en promedio de $+1,1^{\circ}C$. Cabe resaltar que a partir de la segunda semana, debido al ingreso de los vientos anómalos del noroeste y al incremento de la TSM, las temperaturas máximas registraron ascensos de hasta $+3,3^{\circ}C$ en la estación Trujillo-La Libertad (Normal: $27,1^{\circ}C$), $+2,7^{\circ}C$ en Campo de Marte-Lima (Normal: $26,8$) y $+1,9^{\circ}C$ en Fonagro Chincha-Ica (Normal: $27,7^{\circ}C$).

Asimismo, las temperaturas mínimas presentaron incrementos de hasta +3,3°C en la estación Trujillo-La Libertad (Normal: 19,4°C), +2,2°C en Campo de Marte-Lima (Normal 20,6) y +1,9°C en Fonagro Chincha-Ica (Normal 20,1 °C). Ver Figura 10.

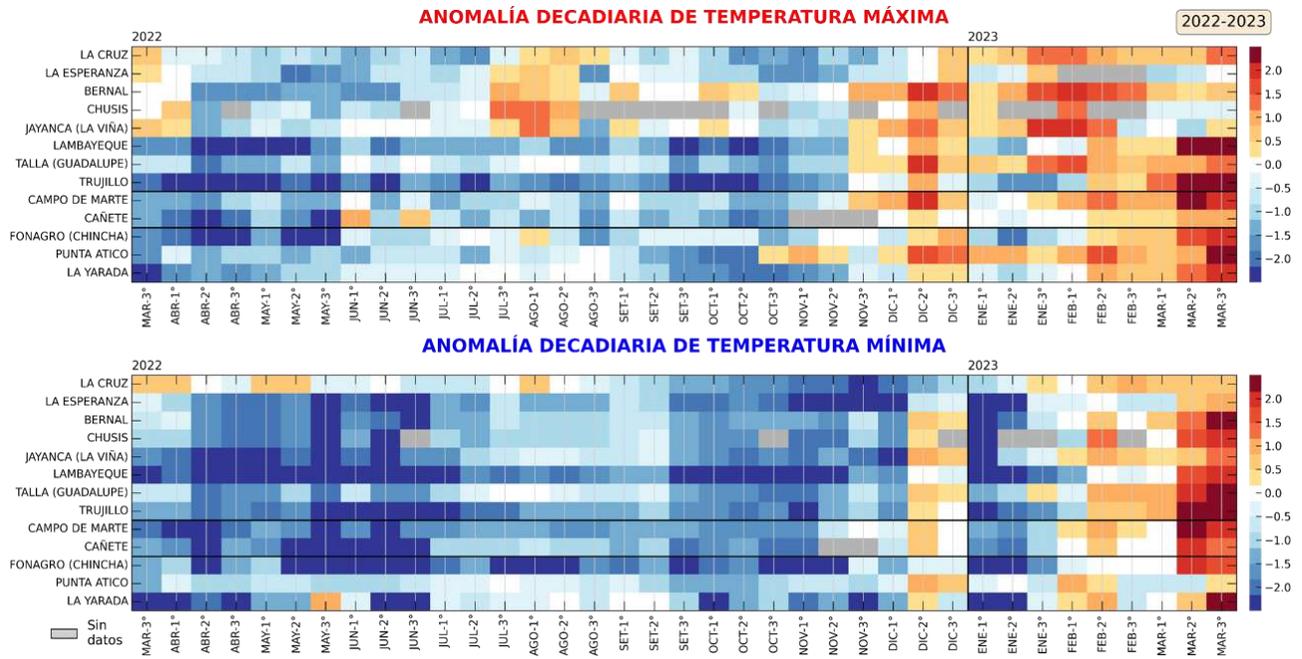


Figura 10. variación de las anomalías de las temperaturas extremas en región costera

En esta última quincena la TSM continuó aumentando en sus valores y en cobertura espacial, identificándose la isoterma de 29°C y 28°C frente a la costa norte y centro, respectivamente; conllevando a anomalías promedio hasta de +4°C y +3°C, en el mismo orden. Frente a la costa sur las anomalías fueron positivas del orden de 1°C a 2°C, por fuera de las 20 millas (Figura 11). En la franja de 60 millas náuticas adyacentes al litoral, entre el ecuador y Paita, en promedio, la TSM pasó de 26 °C a 28 °C, asociadas al desarrollo de anomalías positivas de hasta 2,0 °C. Al sur de Paita, entre los 5 y 12 °S, la TSM también se incrementó, alcanzando valores promedio entre 25 y 27 °C, asociados a un núcleo de anomalías de 4 °C. Al sur de los 12 °S la TSM no alcanzó los 25 °C, y las anomalías promediaron entre +1 y +2 °C a finales de marzo. En el litoral, en el norte y centro (Talara – Callao) los registros de TSM muestran anomalías superiores respecto a la primera quincena de marzo; sólo en el sur aún predominan anomalías negativas, en promedio -0.5°C (Figura 12, Figura 13). El calentamiento que afecta el mar peruano continúa su desarrollo como una ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2006), cuyo desarrollo alcanzó 28 días al 25 de marzo 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 +3.74 a +4.24 °C en la zona norte, de +4.38 a +5.14 °C frente a Chicama y de +3.38 a +4.10 °C frente a Huacho (Figura 14).

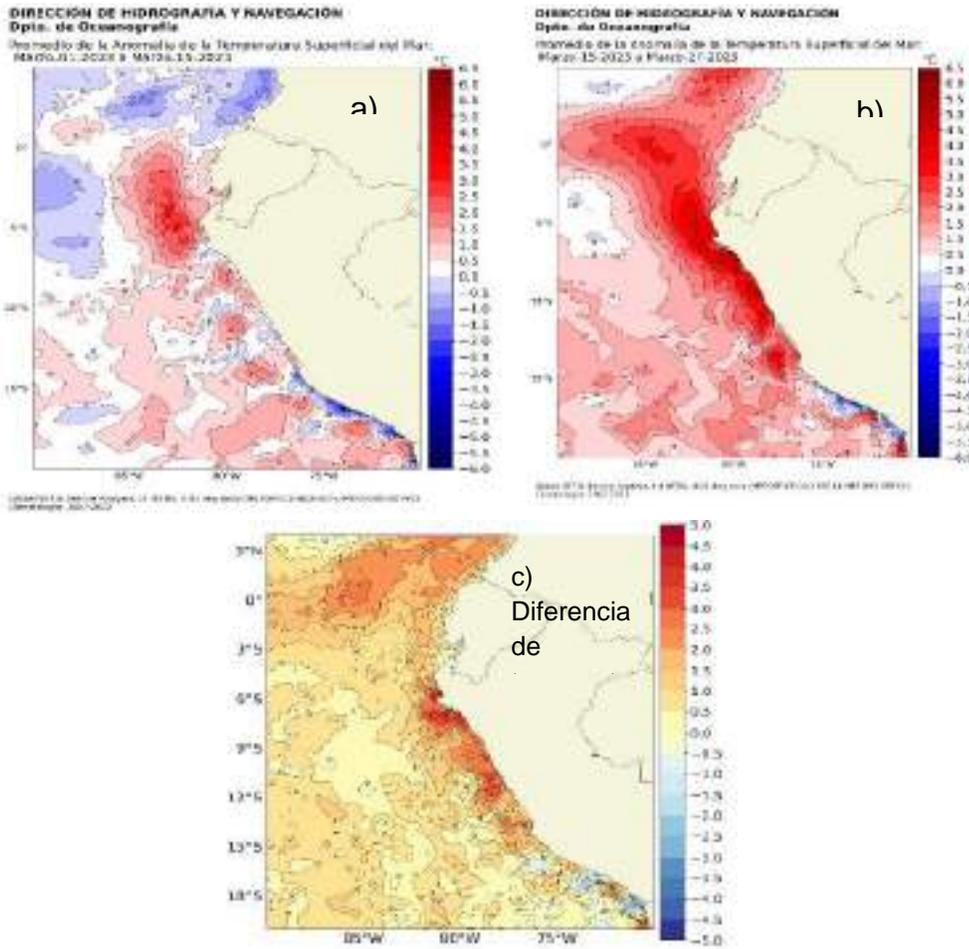


Figura 11. Distribución superficial de la anomalía en el mar de Perú de a) 1 al 15 de marzo y b) 15 al 27 de marzo 2023, c) diferencia de la TSM de las dos quincenas

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

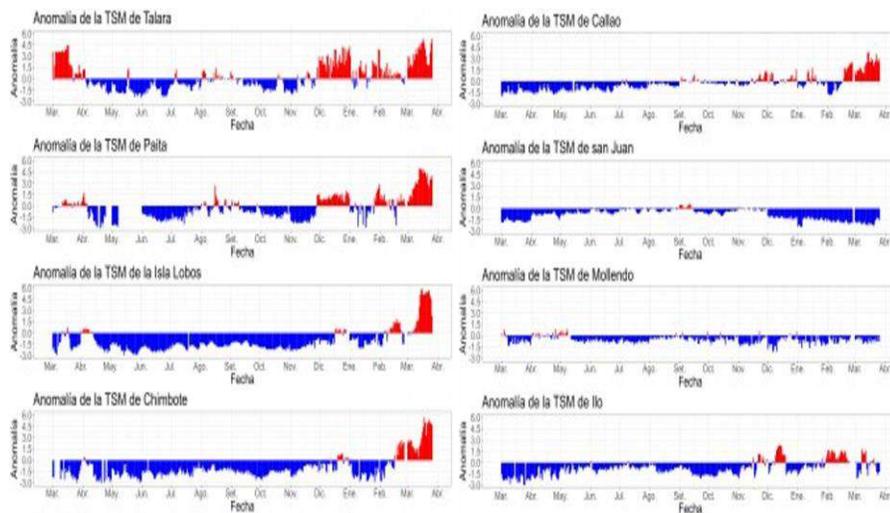


Figura 12. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de marzo 2022 a marzo 2023.

Fuente y procesamiento: DHN.

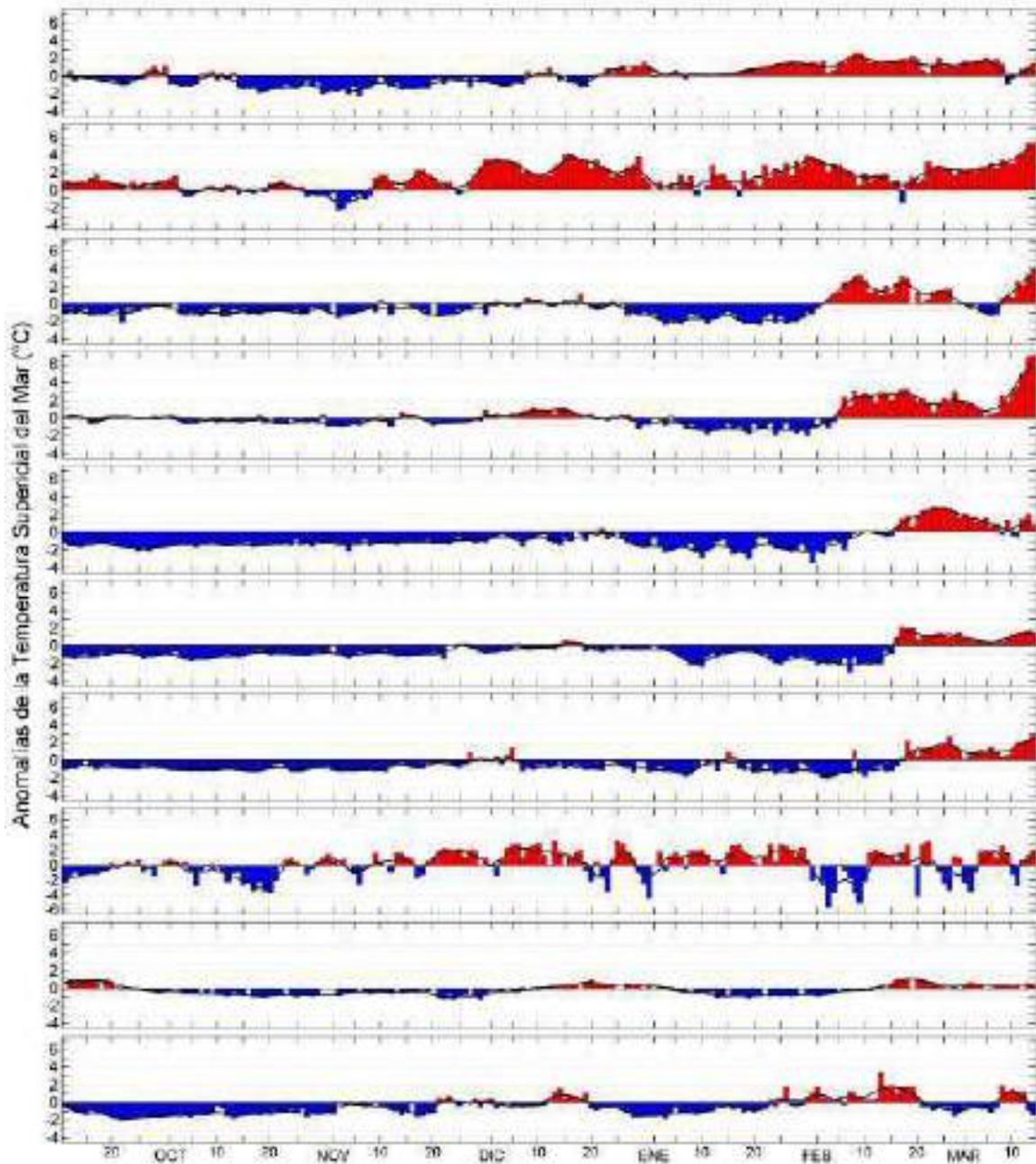


Figura 13. Variación del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) en los muelles costeros que administra el IMARPE en el litoral peruano durante el último semestre: a) Tumbes, b) Paita, c) San José, d) Chicama, e) Chimbo-te, f) Huacho, g) Callao, h) Pisco, i) Matarani y j) Ilo. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal (5 días) para el período que se indica en la Tabla 1. La serie de color negro es la media móvil de 5 días.

Datos: LHFMD/DGIOCC y sedes descentralizadas del IMARPE en el litoral.

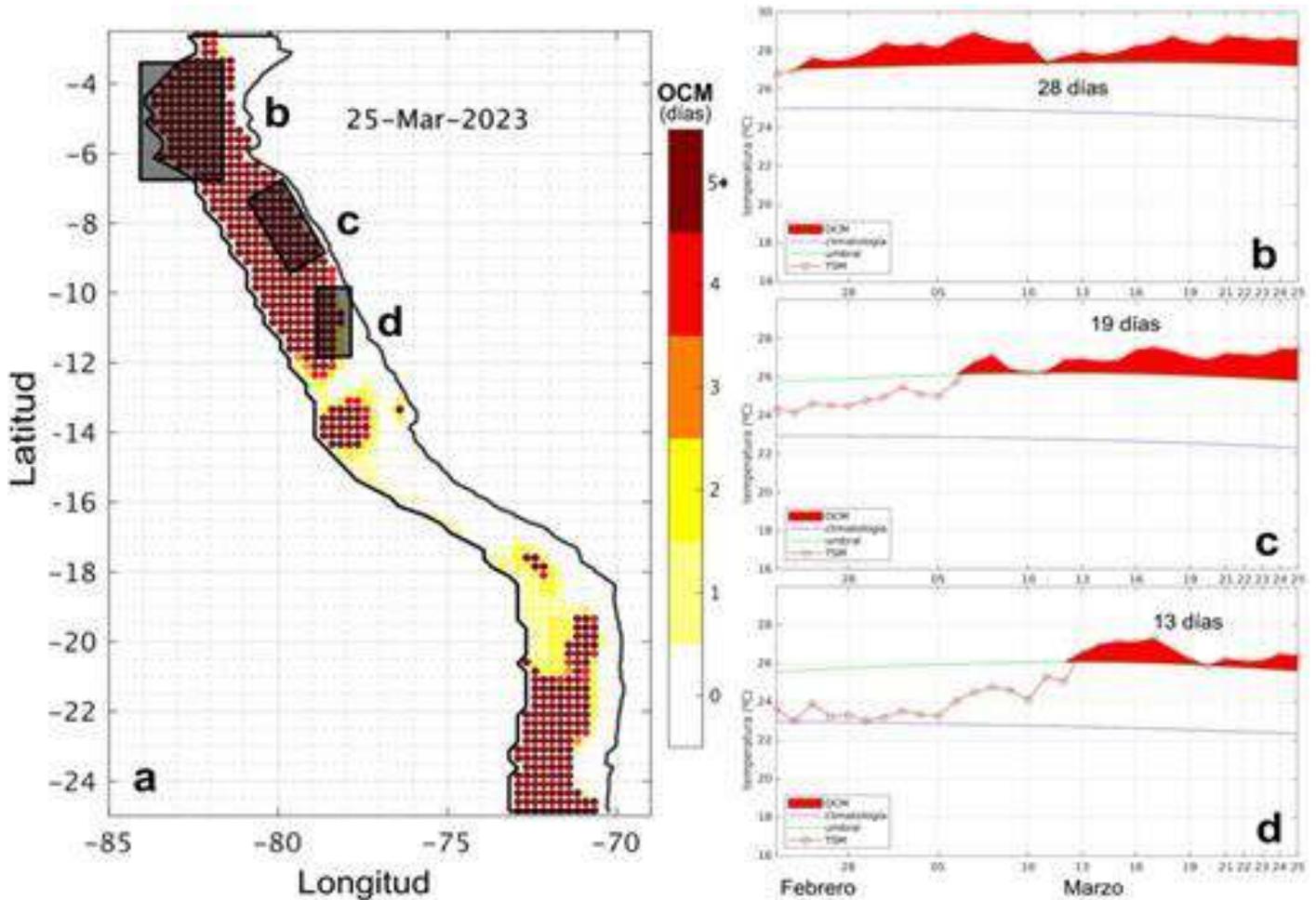


Figura 14. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 25 de marzo 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (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.

La anomalía del nivel del mar (ANM) dentro de la franja de las 60 millas adyacentes a la costa presentó el incremento de sus valores en la segunda quincena de marzo debido al paso de una onda Kelvin cálida, alcanzando niveles hasta 20 cm sobre su normal al norte de los 06°S (Figura 15, Figura 16) Asimismo, en todo el litoral el nivel del mar aumentó durante esta segunda quincena del mes, registrando la mayor anomalía en Isla Lobos de Afuera con 20 cm, lo que se asocia al paso de la onda Kelvin cálida frente a nuestra costa (Figura 16).

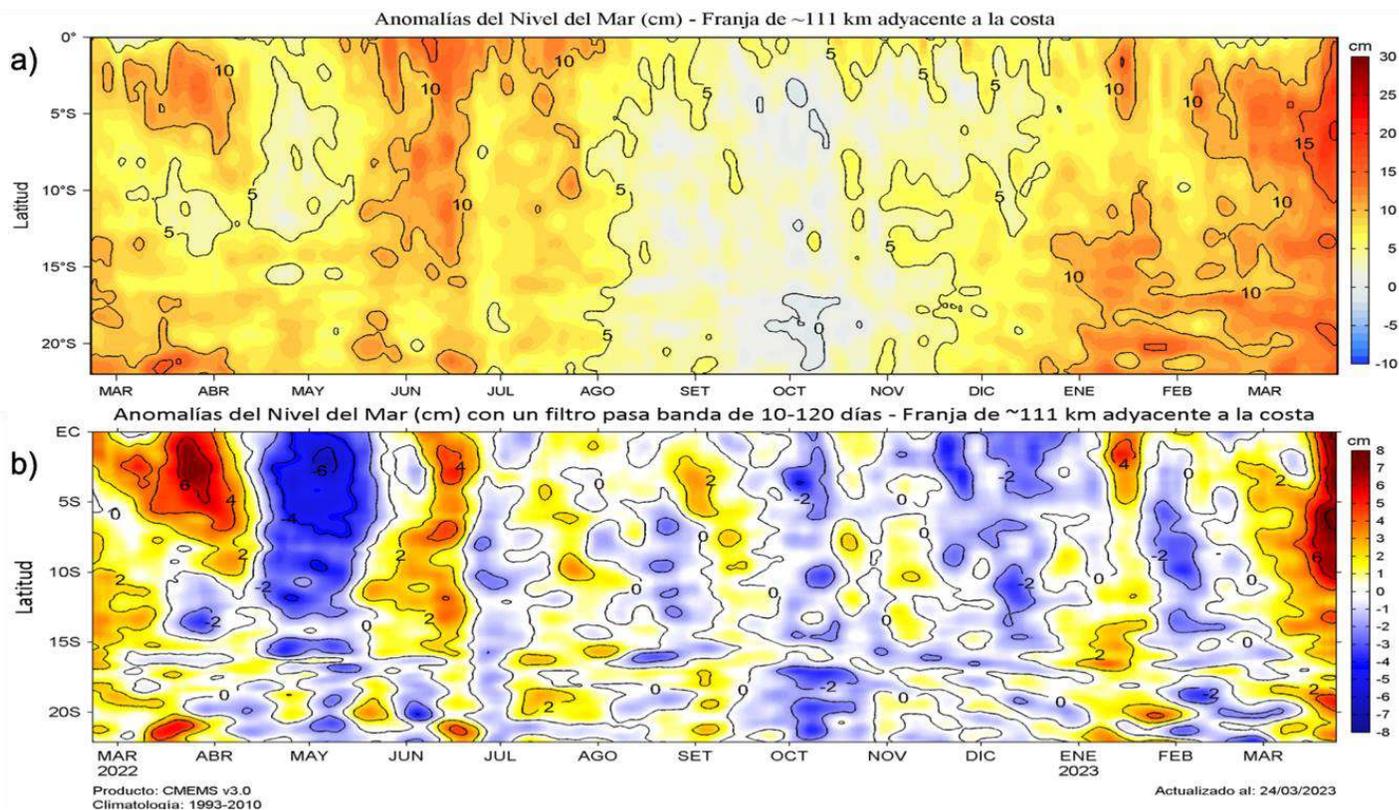


Figura 15. Diagrama Hovmöller de las a) anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 millas náuticas (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses, al 24 de marzo de 2023.

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

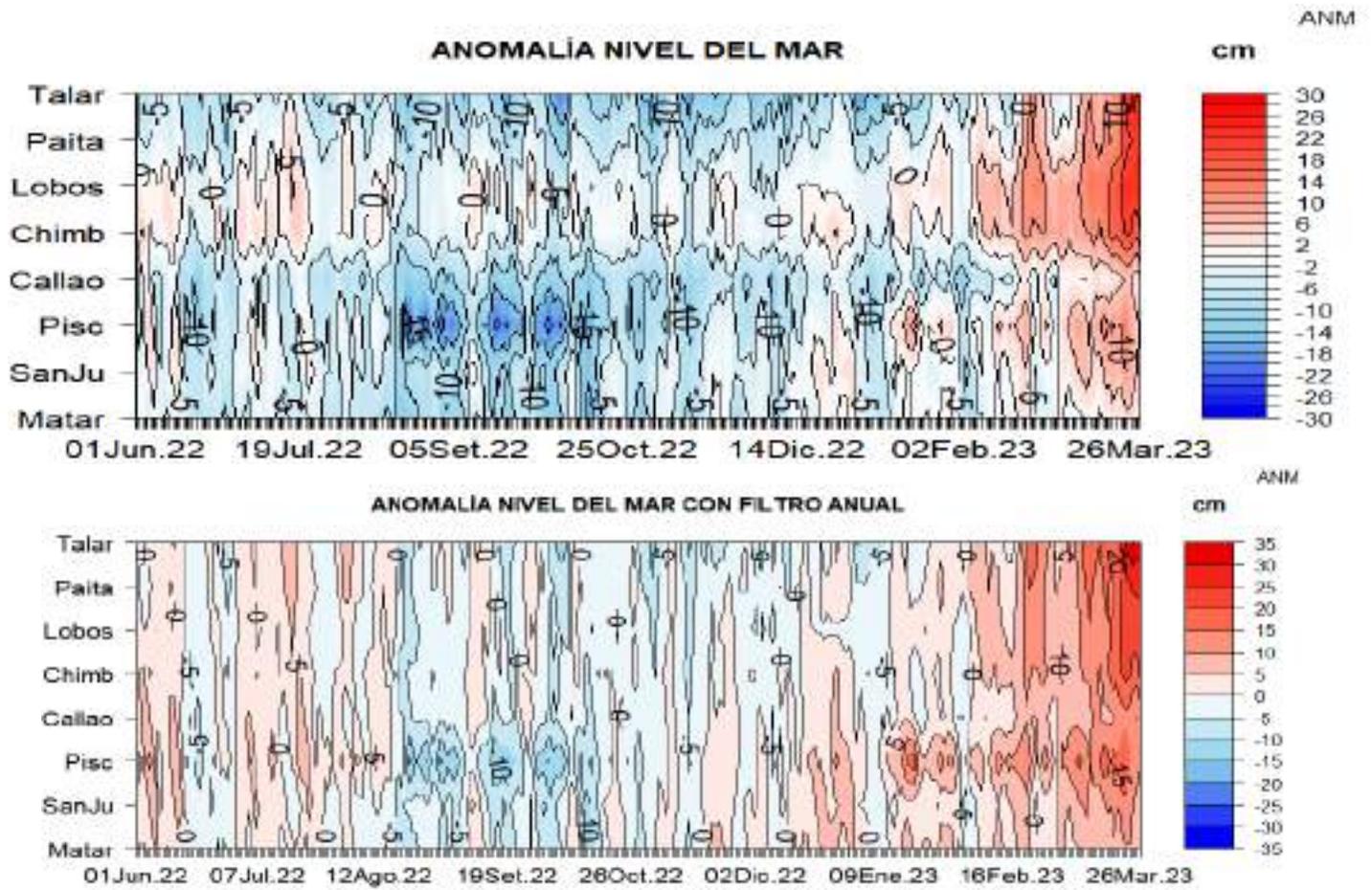


Figura 16. Diagrama Hovmöller de anomalía de NM diaria a) dentro de las 60 millas y b) en el litoral peruano, con filtro móvil anual, del 01 de abril 2022 al 25 de marzo 2023, Climatología: 1981-2010

Procesamiento: DIHIDRONAV

En las tres primeras semanas de marzo, entre Punta La Negra y San Juan de Marcona, y dentro de las 100 mn, se observaron anomalías de hasta +4 °C sobre los 40 m de profundidad; mientras que por debajo de esta capa se observaron ligeras anomalías negativas entre -1 °C y -0,5 °C hasta los 100 m de profundidad, principalmente. Además, entre los 200 y 400 m se observaron ligeras anomalías positivas entre +0,5 a +1 °C (Figura 18).

Durante la segunda quincena de marzo, en la capa sub-superficial, dentro de las 120 mn frente a la costa norte y centro (Puerto Pizarro, Paita, Punta Falsa, Chicama y Chimbote) la temperatura se mantuvo con anomalías positivas, pero con valores mayores respecto al mes de febrero. Dentro de los primeros 100 m de profundidad las anomalías fueron superiores de 2°C, alcanzando el máximo valor de 7°C y 8°C en el norte y centro, respectivamente; por debajo de los 100 m las anomalías fueron mayores de 0.5°C, con valores hasta de 1.5° y 2°C en el norte y centro, respectivamente (Figura 17).

Entre el 06 y 24 de marzo, la base de la termoclina se profundizó de 110 a 140 m en la zona costera frente a Chicama; las anomalías positivas máximas aumentaron de +3 a +6 °C sobre los 50 m; y de +0,5 a +2 °C en la capa de 300 a 400 m (Figura 19). Asimismo, entre la primera y segunda quincena, fuera de las 100 mn de Paita se observó una profundización de la base de la termoclina de 60 a 110 m, mientras que en la zona costera la base de la termoclina alcanzó los 220 m de profundidad en los últimos días del mes, 80 m más que a fines de febrero y marcando una anomalía positiva de 70 m (Figura 22). Las anomalías térmicas alcanzaron +8 °C dentro de las 60 mn a unos 30 m de profundidad y la capa de anomalías cálidas se amplió a 350 m en la zona costera. Fuera de las 100 mn la capa superior de anomalías cálidas se profundizó a 100 m y la capa subsuperficial con anomalías cálidas aumentó en espesor, ocupando la columna de agua entre los 250 y 500 m (Figura 20). Frente a Negritos, y dentro de las 80 mn, en la capa superior se observó un incremento de las anomalías térmicas tanto en magnitud (de +2 °C a +6 °C) como en espesor (de ~40 m a ~100 m de profundidad), asociada a una profundización de la base de la termoclina de 70 a 170 m cerca de la costa. Además, entre los 200 y 450 m de profundidad se observó una expansión vertical del núcleo de anomalía superior a +1 °C. En la segunda quincena, la corriente integrada (0 – 400 m) mostró valores superiores a 40 cm/s con dirección de norte a sur dentro de las 15 mn, los más altos registrados desde febrero (Figura 24).

En conjunto, los cambios en la estructura térmica vertical, al igual que los de la anomalía del nivel del mar descritos más arriba son consistentes con el efecto del tren de ondas Kelvin cálidas que arribaron entre febrero y marzo (Figura 22).

En el crucero pelágico 2302-03 (EP TASA425 – EP INCAMAR 1) del 18 al 24 de marzo se valida que la temperatura alcanzó valores de 29°C frente a la costa norte y centro, por fuera y dentro de las 60 millas, respectivamente. Estas altas temperaturas se asociaron a salinidades menores de 35 al norte de Chimbote, lo que indica la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)–hasta esas

latitudes y Aguas Tropicales Superficiales hasta Punta Falsa. Estas masas de aguas están altamente oxigenadas con valores de 5 ml/L a 6 ml/L a nivel de superficie. Las temperaturas asociadas a la salinidad indican que las ATS se profundizaron hasta 80 m en promedio, ubicándose por debajo de estas aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS) hasta 400 m. Las presencias de las anomalías térmicas positivas en sub-superficie se asocian a los flujos de norte a sur que se se muestran claramente hasta San Juan de Marcona (Figura 16 y 17)

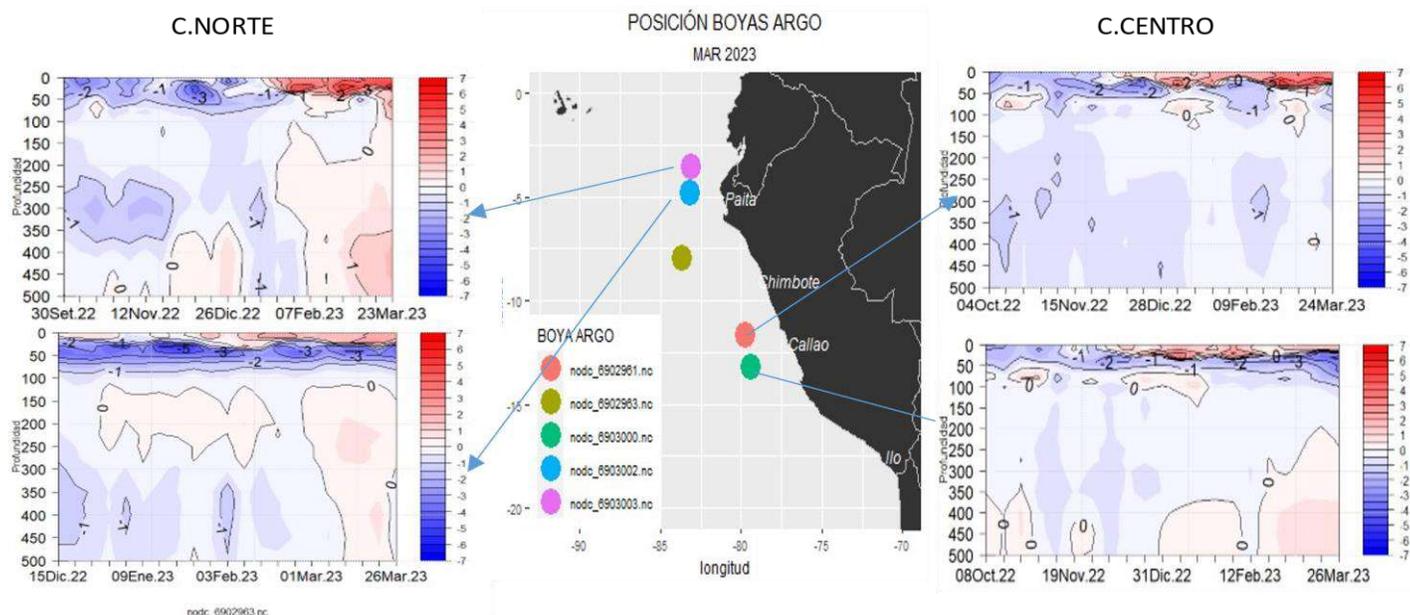


Figura 17. Secciones de anomalías de temperatura del mar de agosto de 2022 a febrero de 2023 hasta los 500 m de profundidad.

Fuente: ARGO. **Procesamiento:** DIHIDRONAV

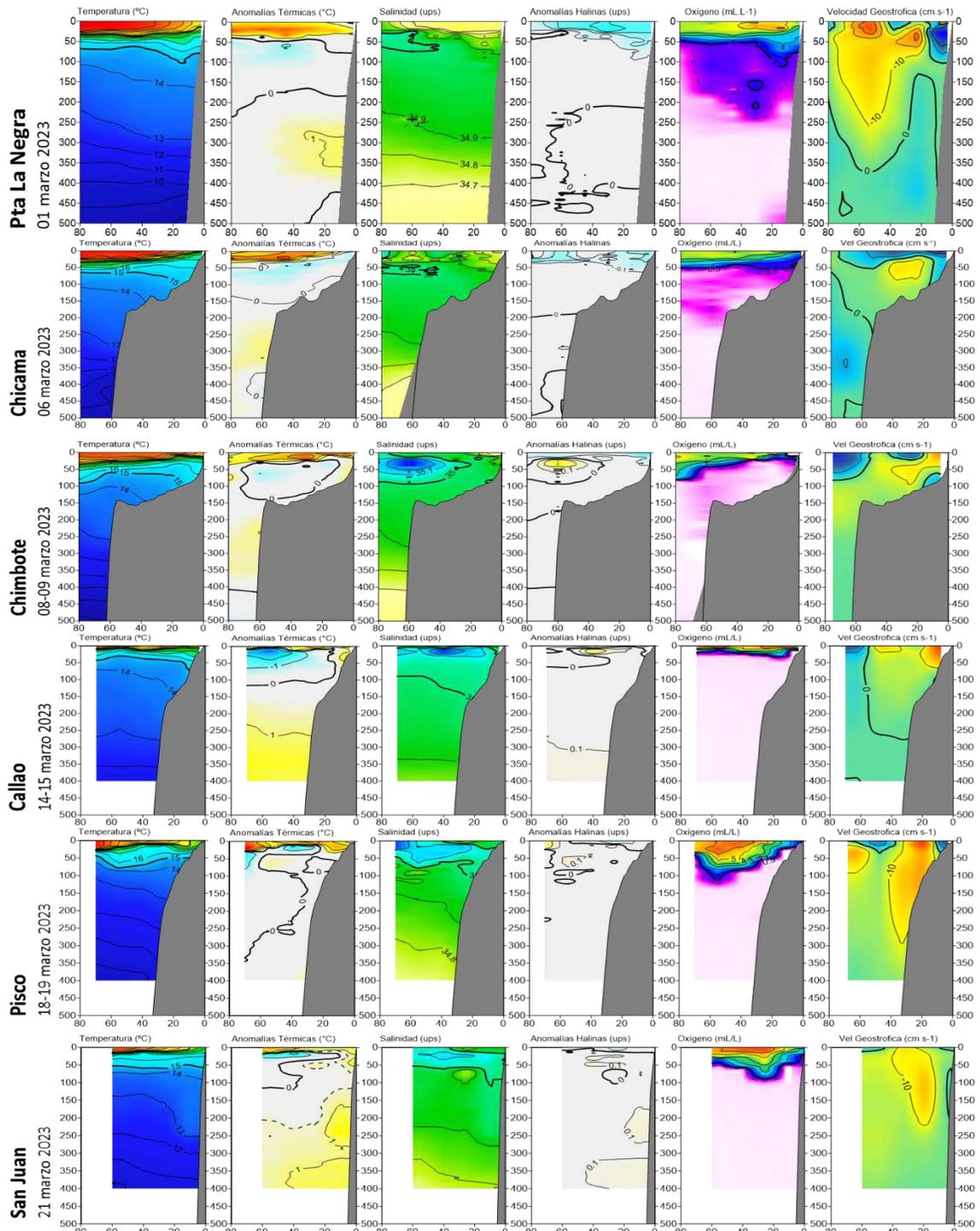


Figura 18. Secciones verticales de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C) y salinidad, anomalías halinas (mL L⁻¹), oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (6 marzo), b) Chimbote (08-09 marzo), c) Callao (14-15 marzo), d) Pisco (18-19 marzo), y e) San Juan (21 marzo). Registrado durante el Cr. evaluación hidro acústica de recursos pelágicos 2302-03. Fuente y procesamiento: IMARPE

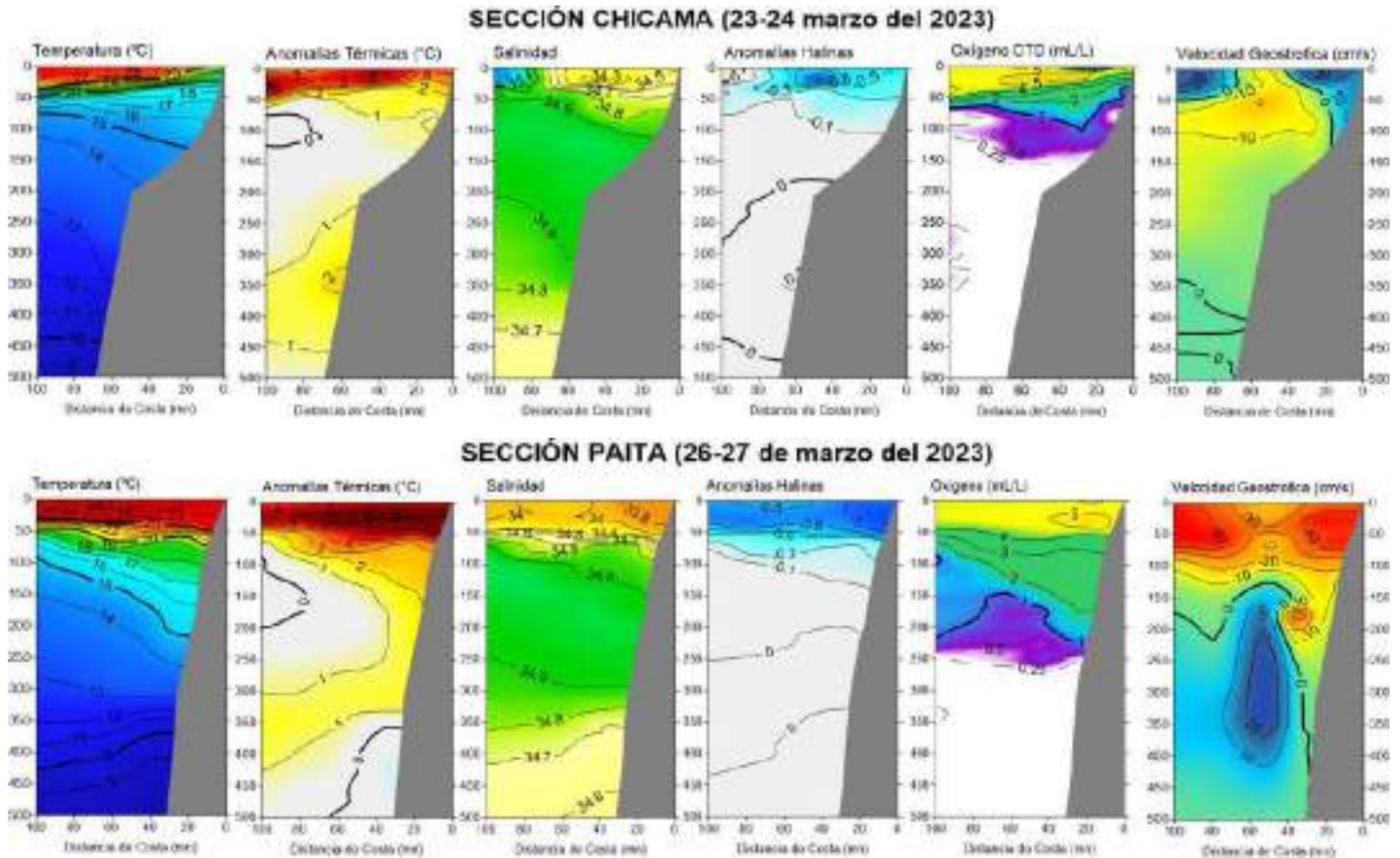


Figura 19. Secciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD (mL L^{-1}) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (23-24 marzo) y e) Paita (26-27 marzo). Registrado durante el Cr. evaluación hidro acústica de recursos pelágicos 2302-03

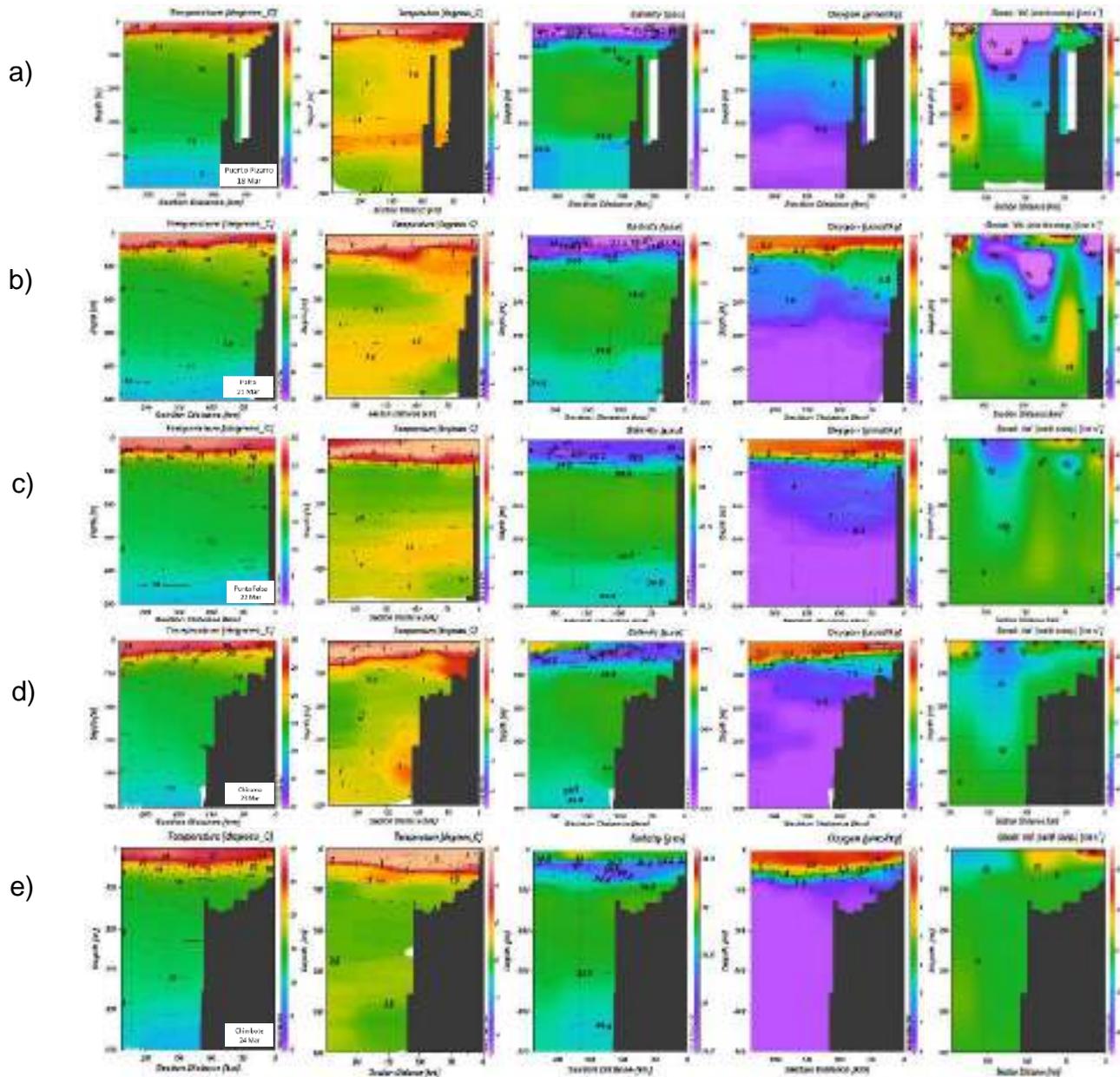


Figura 20. Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad, anomalías halinas (mL L^{-1}) frente a a) Puerto Pizarro (18 marzo), b) Paita (21 marzo), c) Punta Falsa (22 marzo), d) Chicama (23 marzo), e) Chimbote (24 marzo).

Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

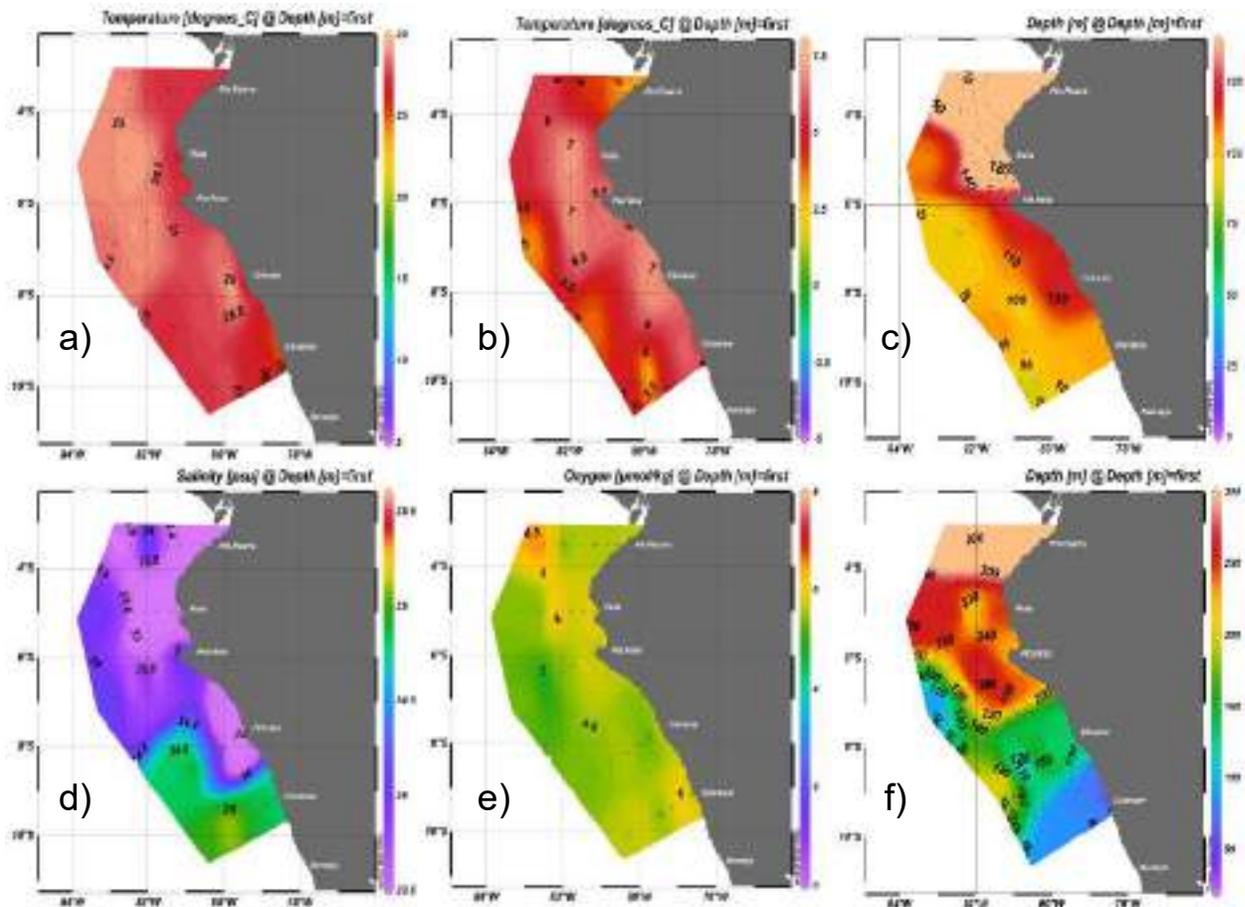


Figura 21. Distribución superficial de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) profundidad de la isoterma de 15 °C, d) salinidad, e) oxígeno superficial y f) profundidad de la iso-oxigena 0.5ml/l. Crucero norte-centro, realizado del 18 al 24 de marzo de 2023.

Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la aproximación de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Negritos durante la segunda quincena de marzo disminuyendo su influencia hacia los últimos días, lo cual sugiere un leve repliegue hacia el norte (Figura 24). Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se habrían aproximado hasta Chimbote, manteniéndose hasta dentro de las 50 millas de la costa (Figura 21). Asimismo, durante marzo, se registraron núcleos adyacentes a la costa con valores de baja salinidad superficial, asociados a la descarga de los ríos debido a las fuertes lluvias durante marzo, generando la disminución de la cobertura de las aguas costeras frías (ACF) (Figura 22). En la zona oceánica se observaron a las Aguas Subtropicales Superficiales con una mayor aproximación hacia la costa entre Huarmey-Huacho y Callao-Pisco (Figura 22, Figura 25, Figura 26).

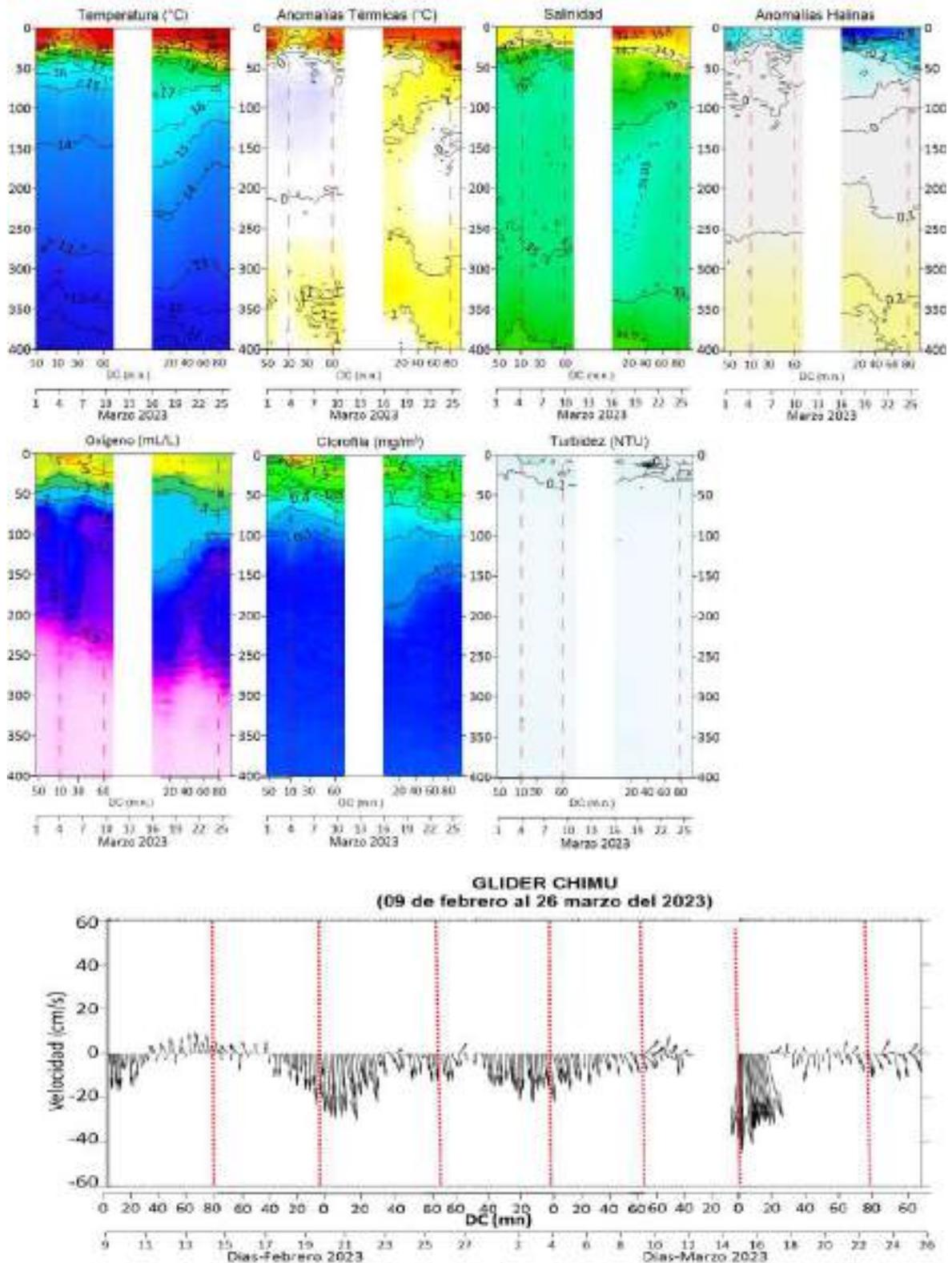


Figura 24. Sección vertical de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL/L), clorofila (mg/m³) y turbidez (NTU); y Corrientes integradas, registrados del 1 al 25 de marzo (glider Chimu) frente a Negritos – Talara.

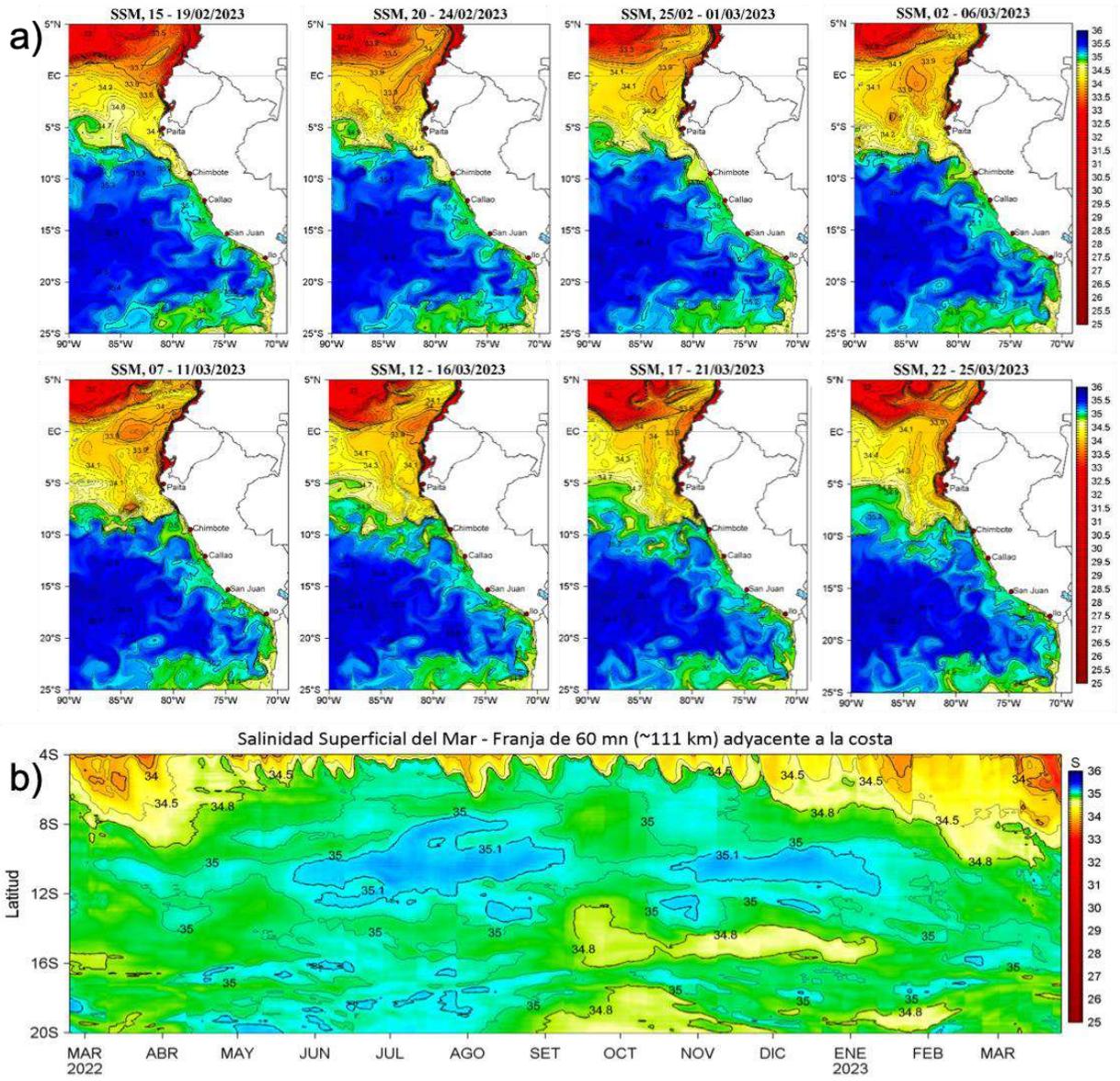


Figura 25. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 26 de marzo de 2023.

Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) **Procesamiento:** LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

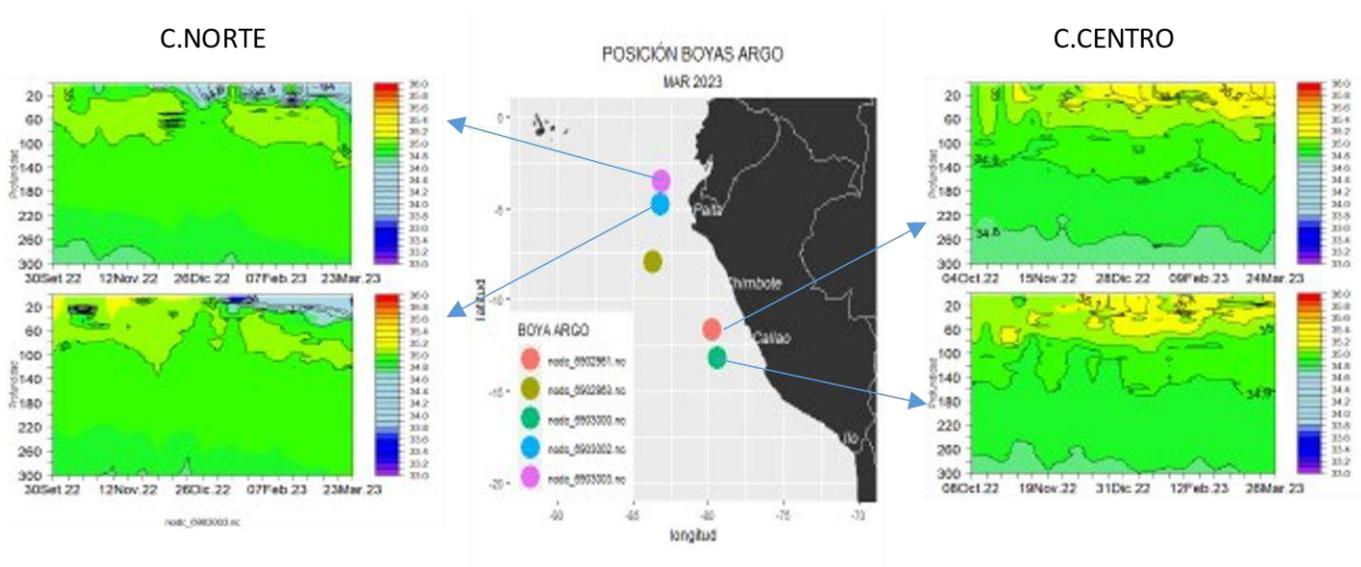


Figura 26. Sección de la salinidad del mar frente a la costa de Perú de setiembre 2022 a marzo 2023.

Fuente: ARGO. **Procesamiento:** DIHIDRONAV.

En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), durante marzo se detectaron anomalías positivas en la franja costera entre Punta La Negra y Chancay, mientras que de Pisco al sur predominaron anomalías negativas. Este patrón espacial es consistente con un afloramiento costero debilitado o una oxiclina profundizada en la costa central y norte, y viceversa en la costa sur (Figura 23). En la primera quincena de marzo, la profundidad del límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; $OD < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) varió entre 240 m (Punta La Negra) y 40 m (Callao), frente a la costa norte y central. En la segunda quincena, se registró este límite a unos 100 m de profundidad frente a Pisco y a San Juan de Marcona. Además, entre el 18 y el 24 de marzo, se detectó el límite superior de la ZMO, en promedio, a 250 m y a 150 m frente a Talara-Pimentel y frente a Chicama, respectivamente (Figura 23, Figura 27). Cabe resaltar que frente a Chicama el límite superior de la ZMO se profundizó de 60 hasta 150 m entre el 06 y el 24 de marzo (Figuras 16 y 17). Este cambio de la estructura vertical del OD también fue evidente frente a Negritos, donde la oxiclina (iso-oxígena de 1 mL L^{-1}), se profundizó de 200 a 260 m entre la primera y la tercera semana de marzo en la zona costera (Figura 24).

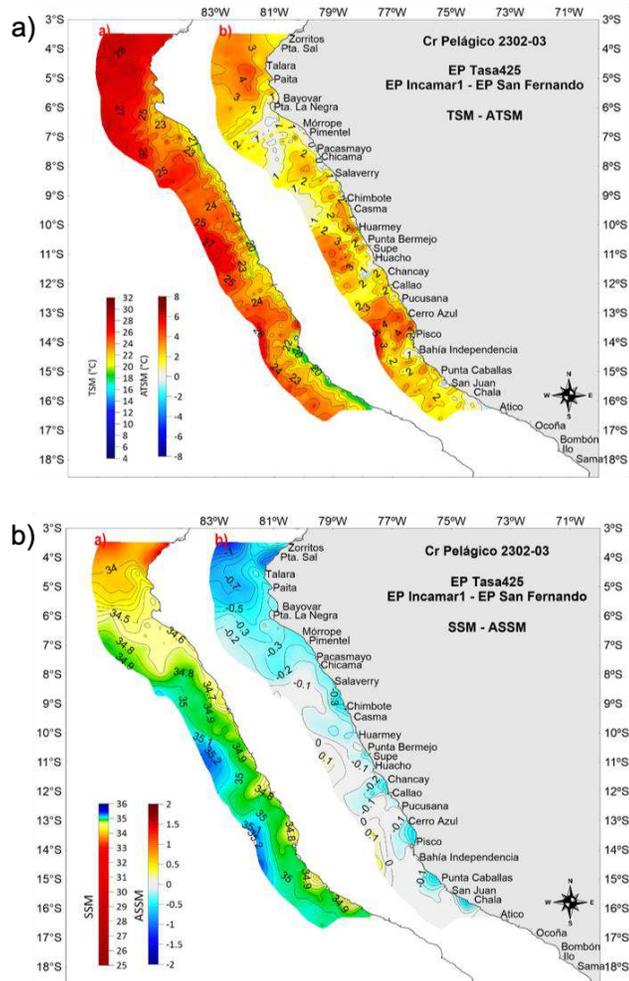


Figura 27. a) TSM (°C) y ATSM (°C), b) SSM y ASSM registrada por el Crucero Pelágico 2302-03 (EP Tasa425 – EP Incamar1) del 21-02-2023 al 23-03-2023.

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó concentraciones superiores a $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ bastante replegadas hacia la costa (dentro de las 10 mn) entre Tumbes y Chicama; mientras que frente a Chicama y a San Juan de Marcona se observaron concentraciones entre $1,0$ a $5,0 \mu\text{g L}^{-1}$ en la franja de 40 mn adyacente a la costa peruana. Las anomalías de la clorofila-a variaron entre $-5,0 \mu\text{g L}^{-1}$ a $-1,0 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a la costa peruana, siendo más negativas frente a la costa norte y central, Cabe indicar que las anomalías negativas prevalecen desde inicios de la primavera de 2022 (Figura 28 y Figura 29).

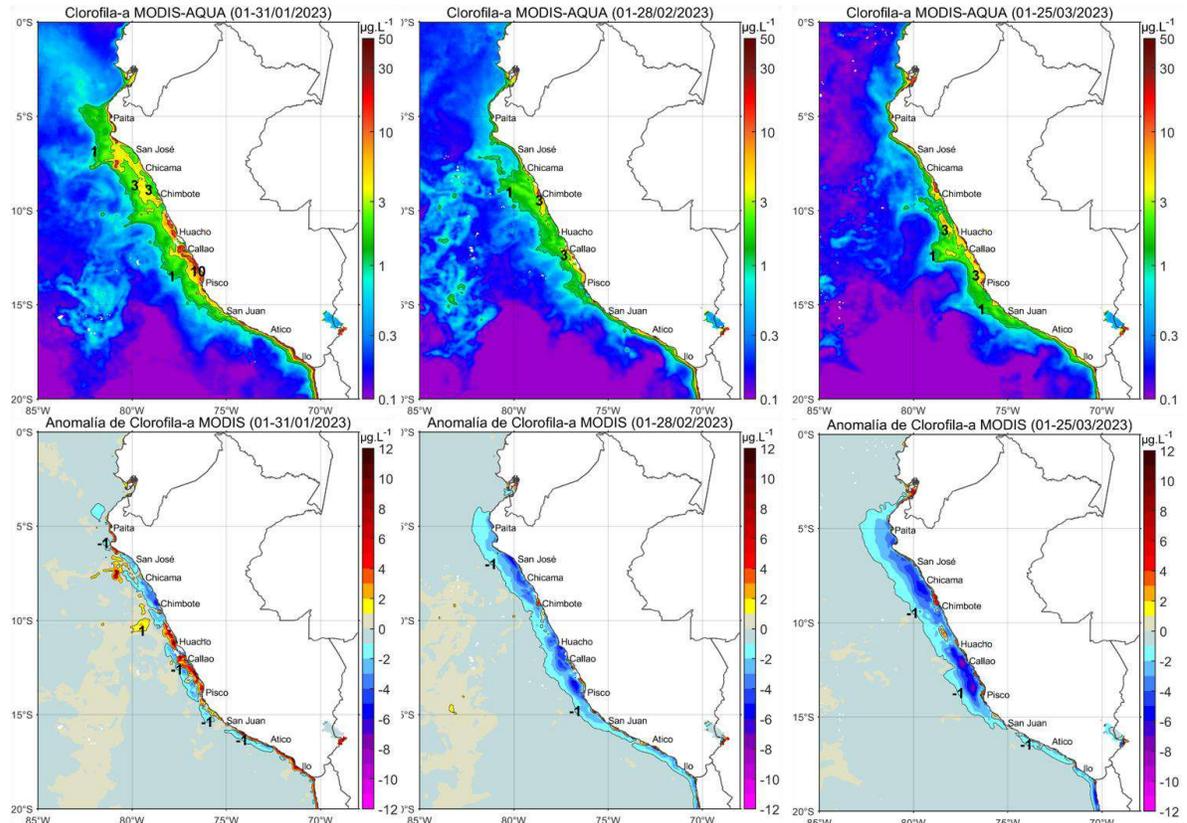


Figura 28. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante enero, febrero y lo que va de marzo de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

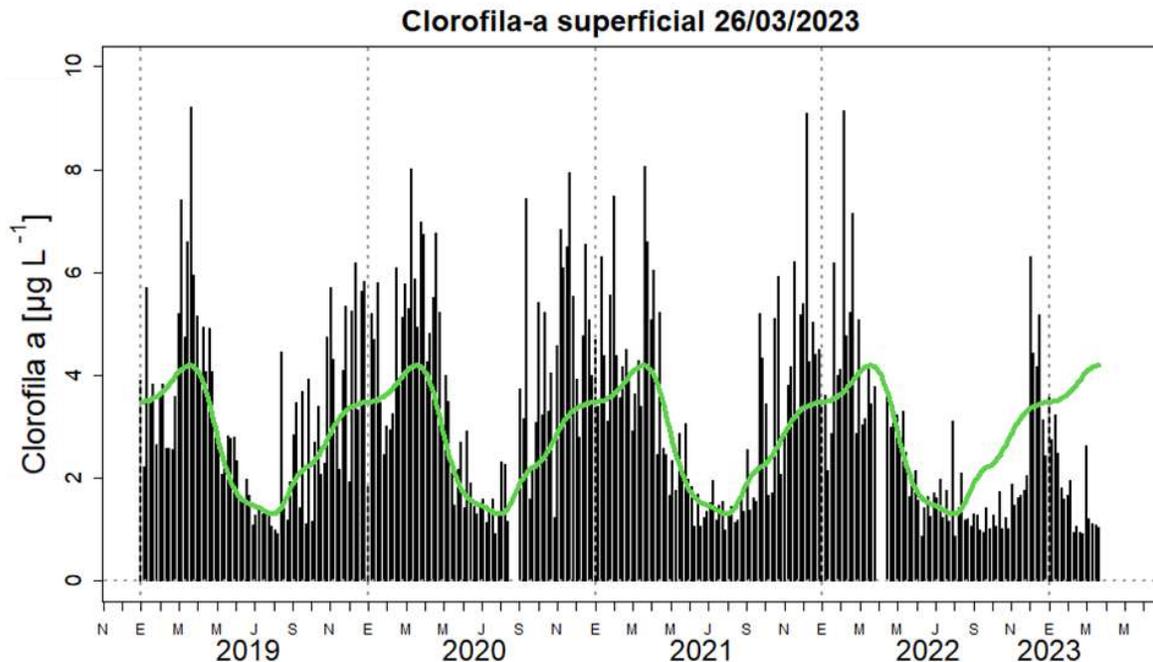


Figura 29. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Durante marzo se registró actividad extractiva por parte de la flota de cerco artesanal y de menor escala dirigida a la anchoveta, en la región Piura e Ica. La anchoveta presentó una distribución costera dentro de las 5 mn de la costa en ambas regiones. En Piura presentó dos zonas de pesca: frente a Paita y en la bahía de Sechura y en Ica se registró entre Pisco y Paracas. Es importante mencionar el incremento de los desembarques de samasa, en Paita, respecto a los meses anteriores, siendo una especie asociada a eventos cálidos (Figura 31). La estructura de tallas de anchoveta en Piura fue de adultos con moda en 13,0 cm de longitud total (LT) y en la región Ica fue predominantemente juvenil, con moda en 11,0 cm LT y 87,4 % de incidencia de juveniles. (Figura 32). Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, mostraron valores en la fracción desovante similares al mes febrero y una disminución en los procesos de reabsorción. Por otro lado, el valor del contenido graso (CG) fue similar al mes anterior, evidenciando el gasto energético del recurso (Figura 33).

Durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos, realizado entre el 22 de febrero y el 23 de marzo entre Puerto Pizarro y San Juan de Marcona, se pudo encontrar abundantes huevos de anchoveta muy cerca de la costa, así como presencia de larvas sobre la plataforma continental. Además, se encontraron huevos y larvas de sardina, altamente inusual, frente a la costa norte (Figura 30).

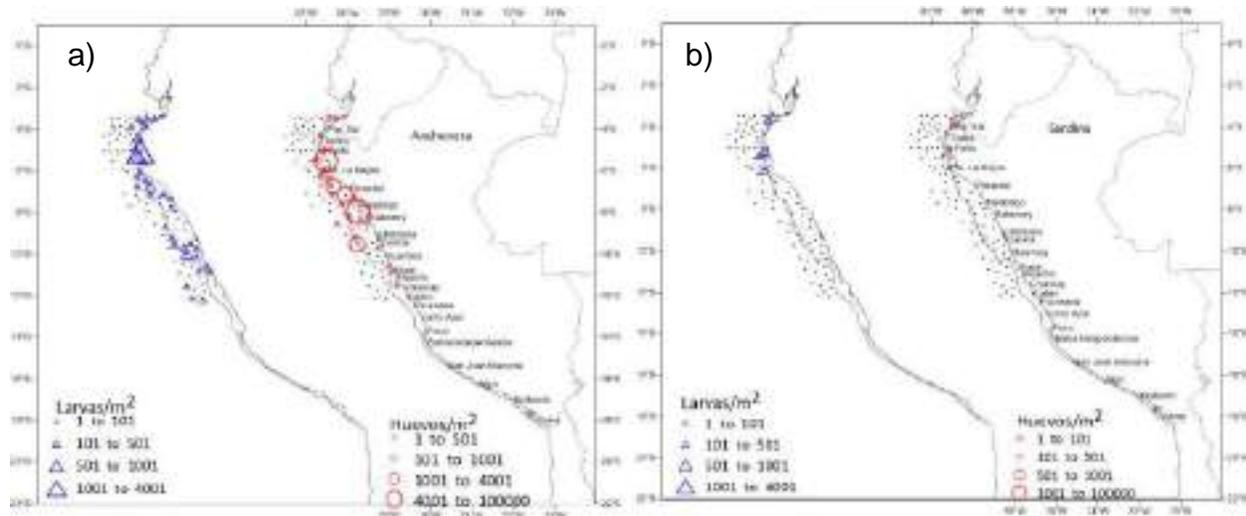


Figura 30. Distribución y abundancia de huevos y larvas de a) anchoveta y b) sardina, registradas durante el Crucero de evaluación hidro acústica de anchoveta y otros recursos pelágicos 2302-03. L/P TASA 425, Incamar 1 y San Fernando, entre el 22 de febrero y el 23 de marzo.

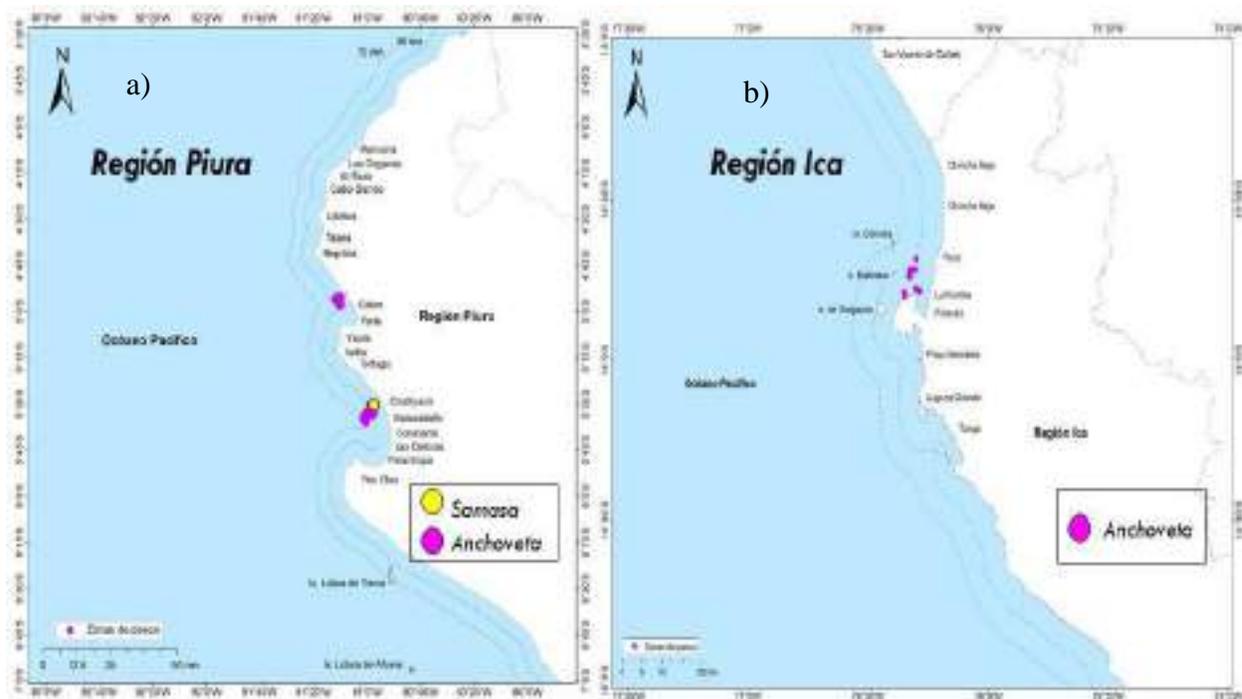


Figura 31. Distribución espacial de lances de anchoveta y samasa proveniente de la flota de cerco artesanal y menor escala, en: a) región Piura y b) región Ica. Al 26 de marzo del 2023

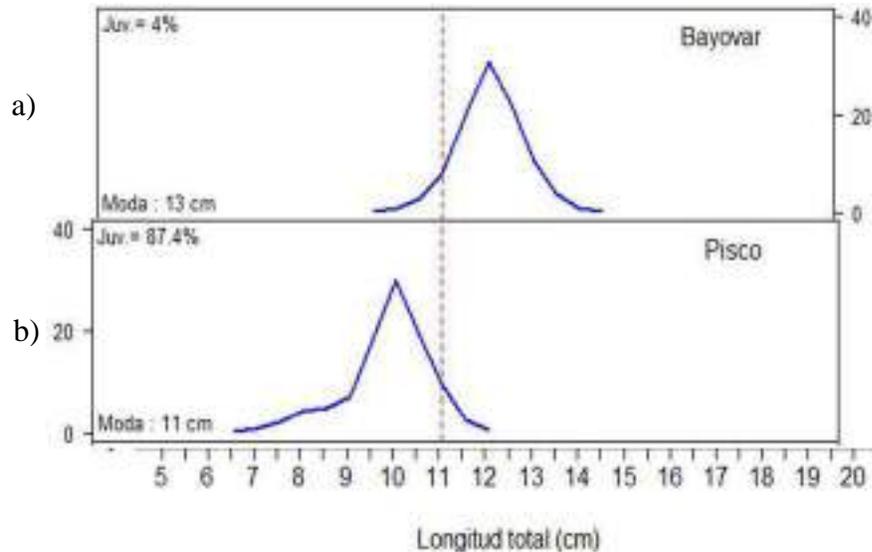


Figura 32. Estructura por tamaños de la anchoveta en número y peso en la región a) norte-centro durante la segunda temporada de pesca de 2022 y b) durante la primera de pesca del sur del 2023.

Las capturas de las especies transzonales continuó presentando gran disponibilidad para la flota de cerco tanto industrial como artesanal. El jurel, se registró desde Chancay hasta Ilo de 30 a 110 mn de la costa, con mayor concentración frente a Pisco, donde operó principalmente la flota industrial; mientras que la caballa presentó una ligera mayor cobertura espacial desde Salaverry hasta Ilo y frente a Punta Sal, de 10 hasta 110 mn, con mayor concentración frente a Pisco. Tanto el jurel como la caballa estuvieron asociadas a los frentes halinos, principalmente a las aguas de mezcla entre ACF y ASS. Por otro lado, el bonito presentó una amplia distribución latitudinal, desde Pimentel hasta Ilo dentro de las 50 mn de la costa, siendo capturada por la flota artesanal. (Figura 34). Los valores del índice gonadosomático (IGS) de la caballa, disminuyeron respecto a febrero, indicando presencia de procesos de maduración gonadal y desove, continuando con su periodo reproductivo. En cambio, el IGS del jurel mostró la disminución en su actividad reproductiva, indicándonos el fin de su periodo importante de reproducción. Así también, el recurso bonito mostró una ligera disminución en el valor de IGS, indicando la disminución de los procesos de maduración gonadal y desove (Figura 35).

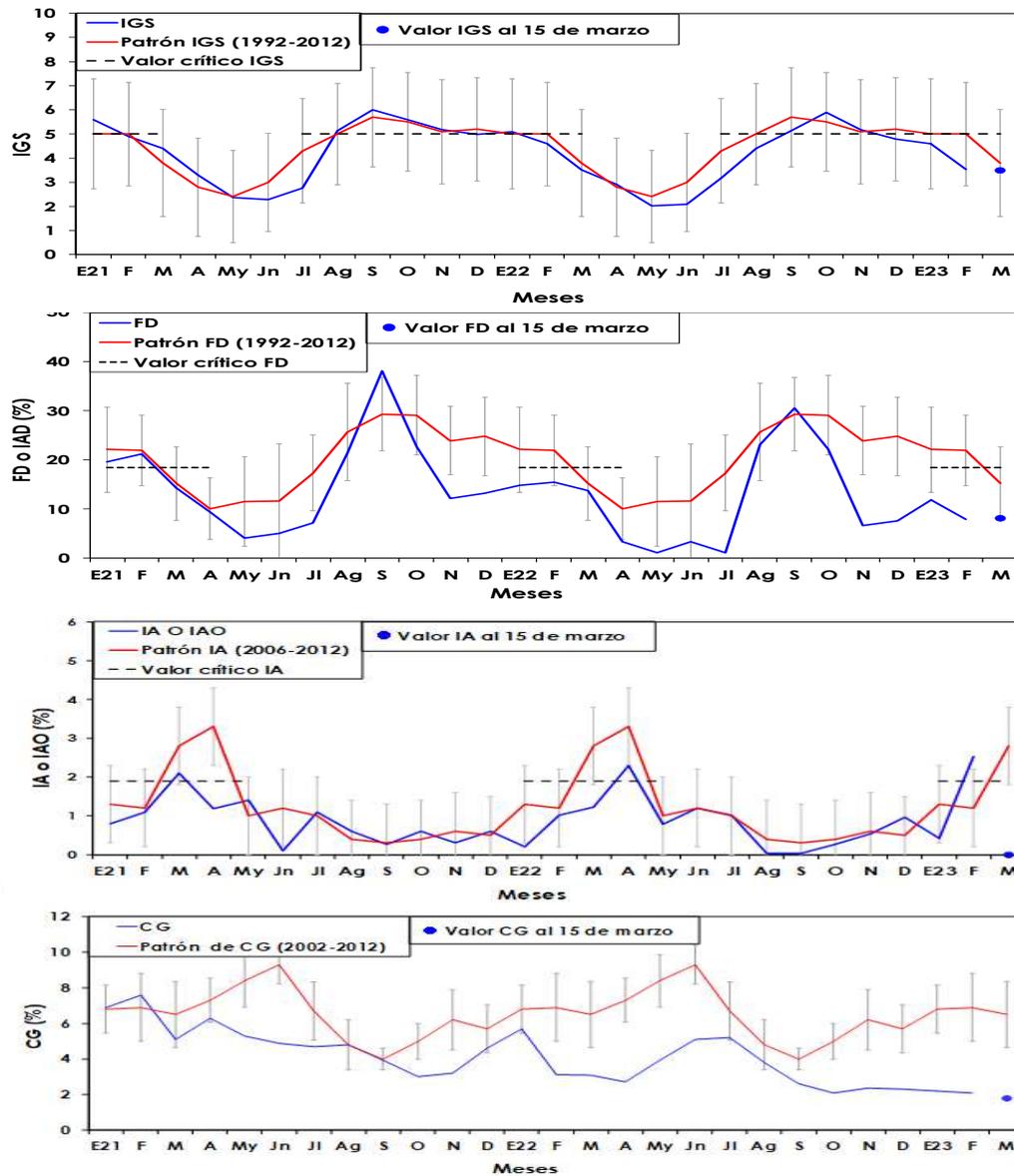


Figura 33. Serie mensual de los indicadores de la condición reproductiva de la anchoveta: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD) y c) Índice de atresia (IA) y de la condición somática: d) contenido graso (CG). De enero 2021 – marzo 2023

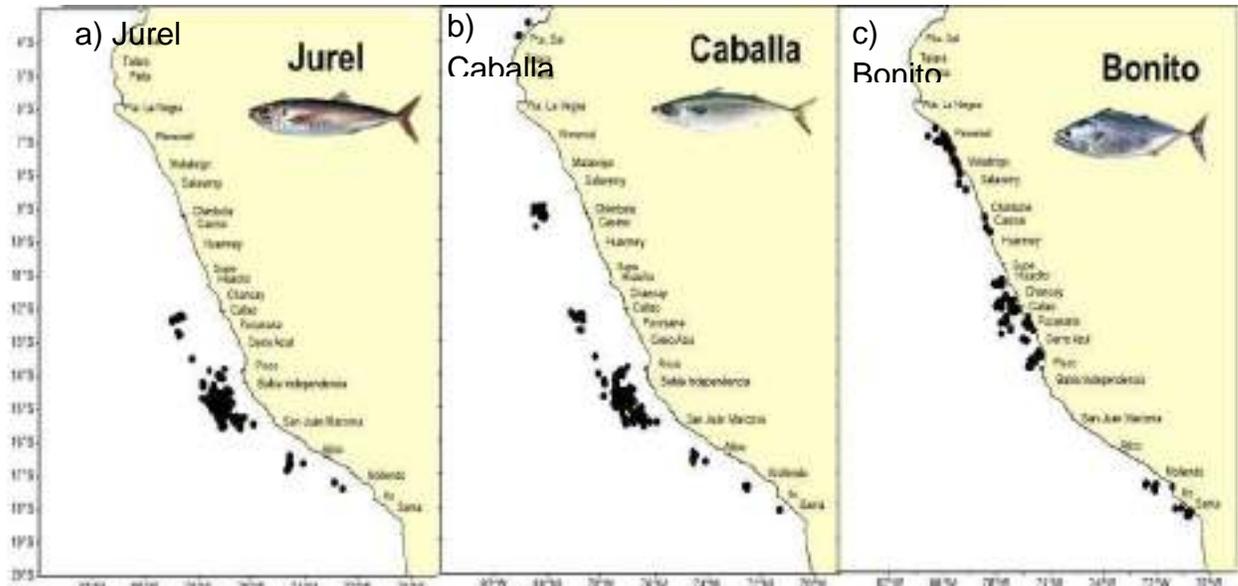


Figura 34. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito Periodo: marzo del 2023.

Recursos demersales y litorales

La merluza se distribuyó en el área comprendida entre Puerto Pizarro y Punta La Negra (Figura 36), con dos "núcleos" de concentración; el primero entre Zorritos y Cáncas (información correspondiente a los primeros 10 días, dado el establecimiento de la veda reproductiva al norte de los 4° S) y el segundo frente a Paita. A inicios de marzo, las principales capturas se presentaron frente a Puerto Pizarro; luego del cierre de esa zona de pesca, las principales capturas se presentaron frente a Paita. Del 01 al 22 de marzo, la estructura de tallas total del recurso fue similar a la de febrero, con un rango entre 17 y 65 cm de longitud total (LT), y moda principal en 31 cm LT (Figura 37). En términos latitudinales, se observó un ligero incremento de la presencia de individuos de tallas mayores (35-45 cm) entre los 4° y 6° S.

El calamar gigante y pulpo mostraron incrementos de sus desembarques, a diferencia de los recursos calamar común y concha de abanico que disminuyeron respecto al mes precedente. La concha de abanico en la bahía de Sechura registró mortandad los días 16 y 17 marzo en algunas zonas de repoblamiento a profundidades menores a 5 bz (Figura 38 a, b, c, d). El calamar gigante estuvo distribuido entre Paita y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte (Figura 39).

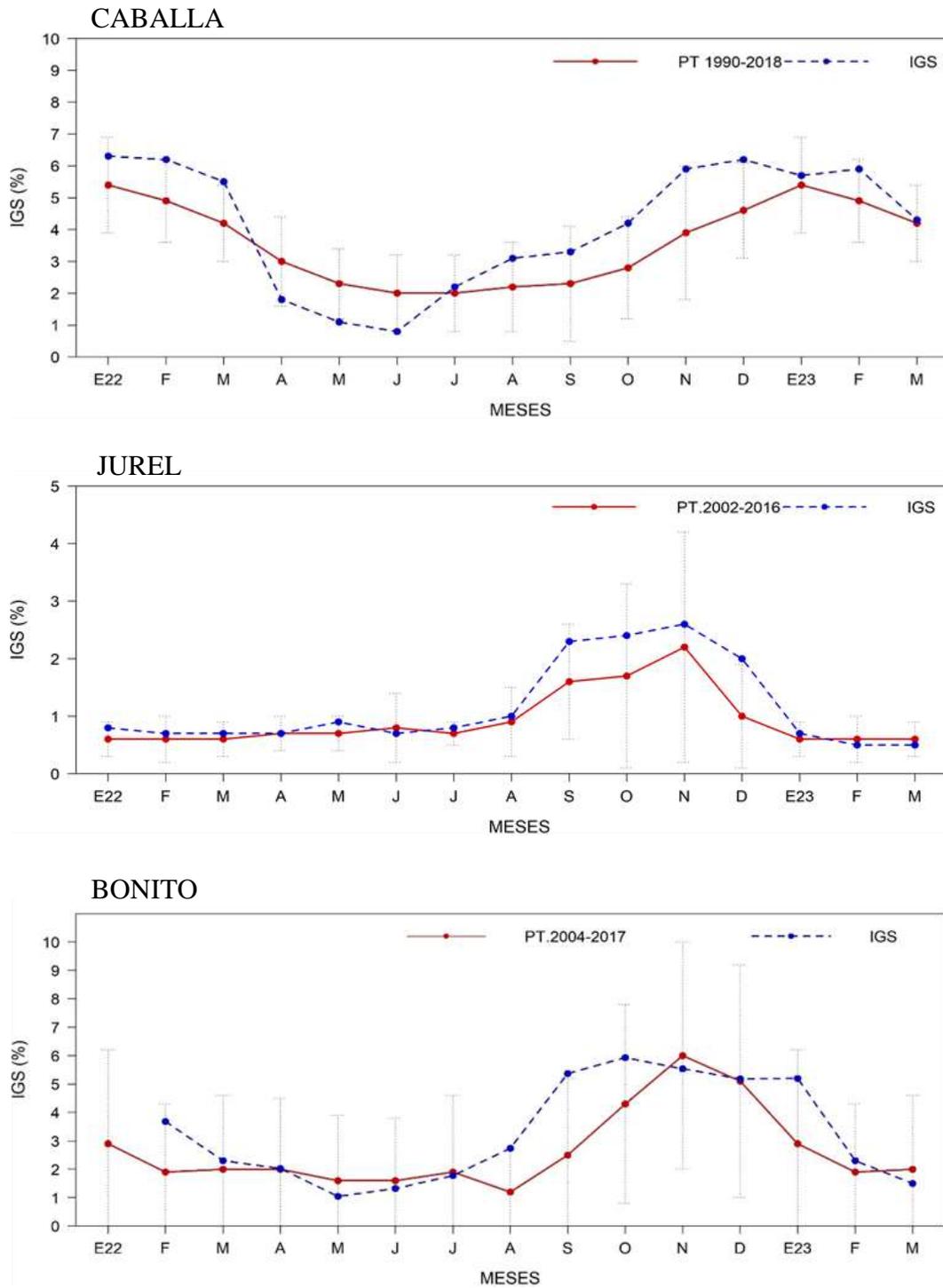


Figura 35. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito. Periodo enero 2022 a marzo 2023 respecto a los patrones históricos 1990-2018, 2002 -2016 y 2004 – 2017, respectivamente.

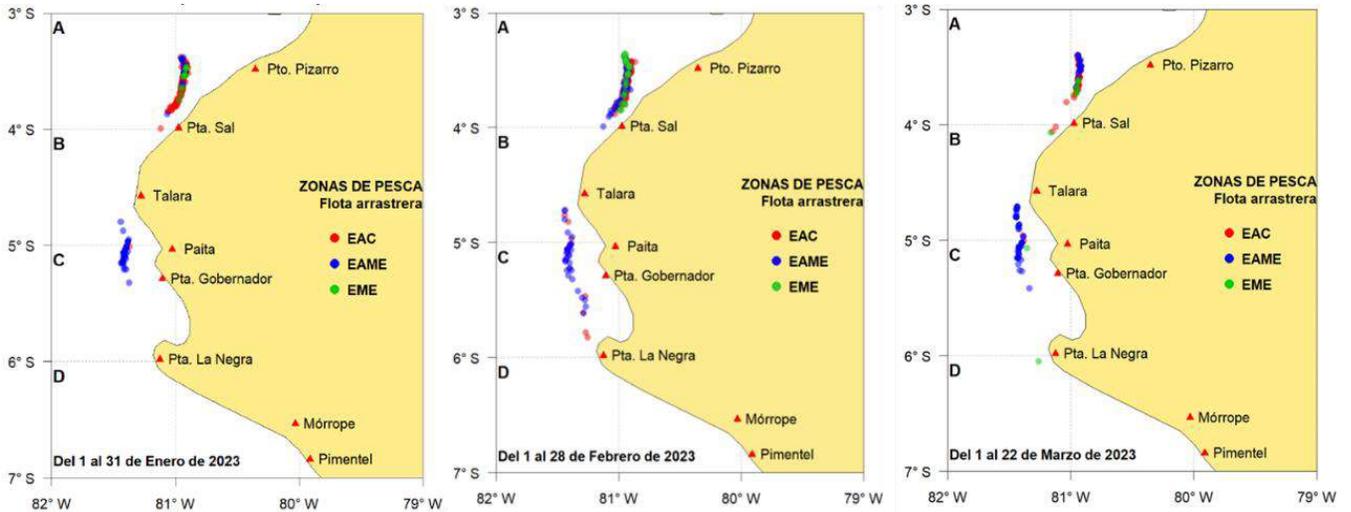


Figura 36. Zonas de pesca entre los meses de enero y marzo (2023) (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

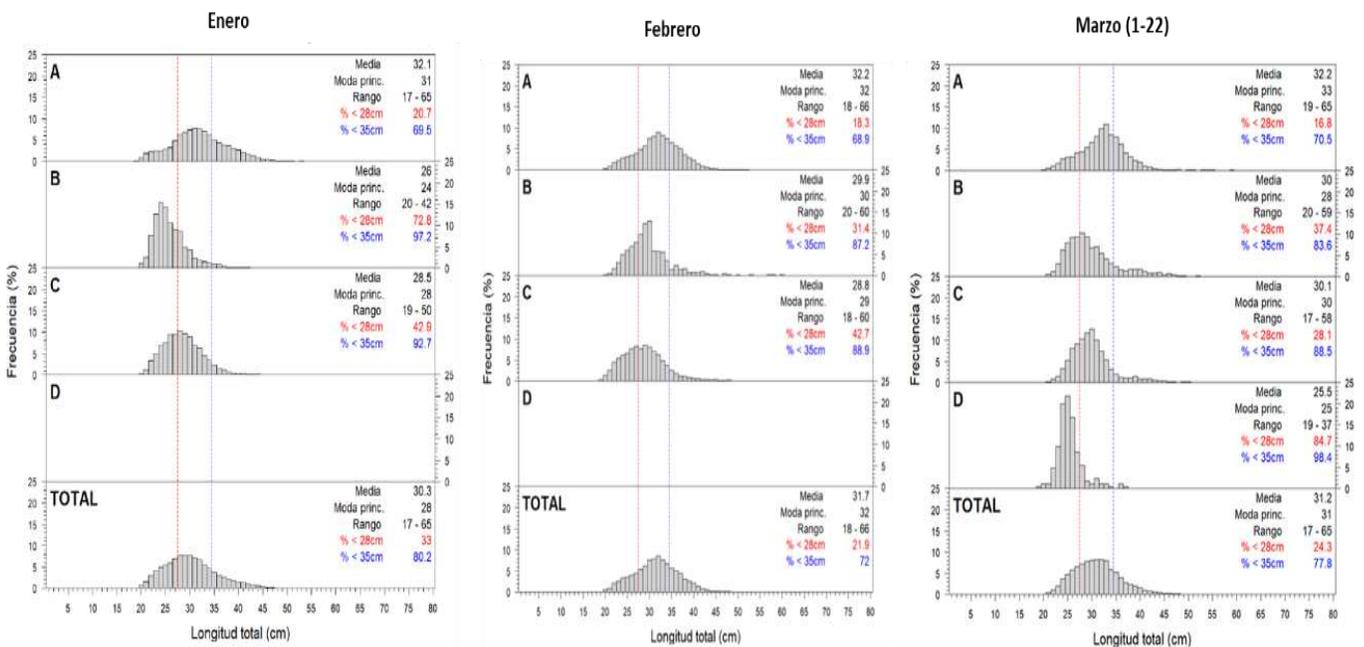


Figura 37. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero y marzo 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

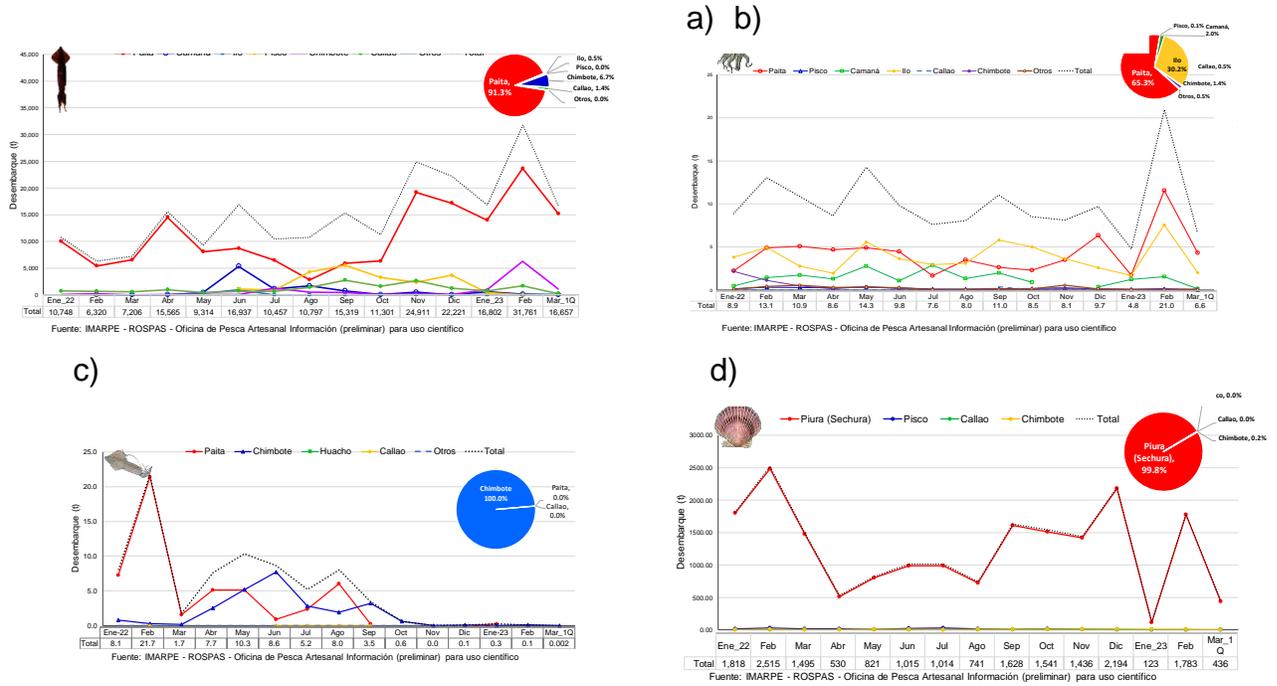


Figura 38. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), pulpo *Octopus mimus* (b), calamar común *Doryteuthis gahi* (c), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (d), durante 2022-2023.

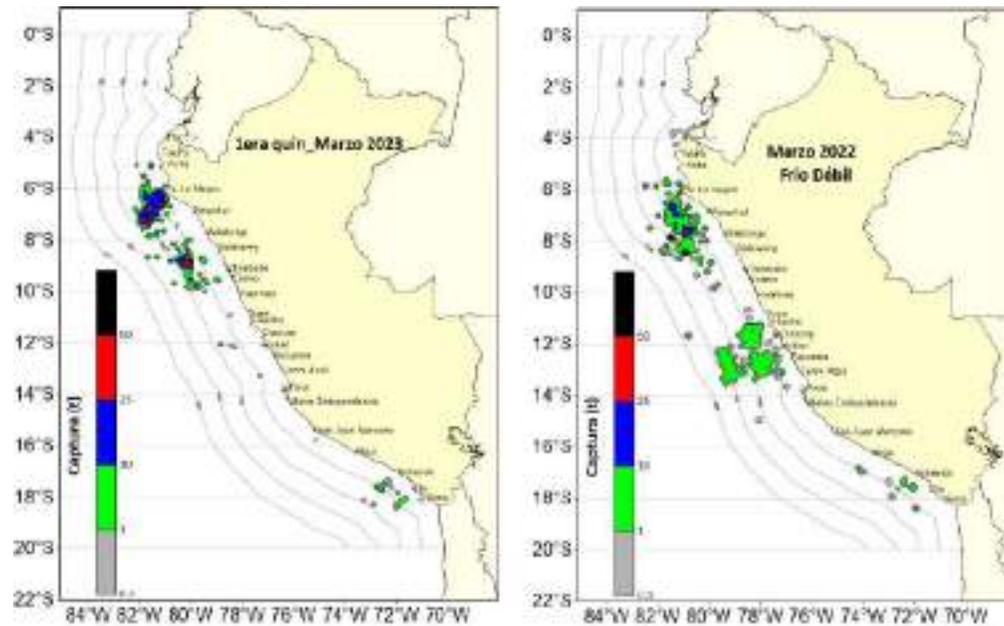


Figura 39. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, 1era quincena de marzo 2023

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el periodo de todo el mes de marzo 2023, para los ríos de la costa norte y centro del país se presentaron caudales sobre lo normal de forma muy considerables, por la influencia del Ciclón Yaku, principalmente en los ríos desde Chira hasta el río Santa, en los cuales los caudales de avenidas se presentaron desde el 06 al 18 de Marzo y en el centro de la costa (desde el río Pativilca a el río Ica) se extendieron hasta el 21 aproximadamente, mientras que en los ríos del sur del país y de la vertiente del Titicaca predominaron caudales por debajo de lo normal (Tabla 4).

Tabla 4: Caudales de los principales ríos del país marzo 2023

Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalía (%)
	Mar-23							
Tumbes	148.3	572.3	457.3	287.0	183.0		329.6	31.3
Chira	85.6	843.6	781.4	294.8	154.0		431.9	137.7
Motupe	2.2	13.3	23.0	8.2	5.6		10.5	546.6
La Leche	10.0	71.2	82.0	32.1	15.2		42.1	282.1
Chancay Lambayeque	46.5	214.3	241.4	41.8	44.0		117.6	98.3
Zaña	14.6	107.9	228.5	33.7	18.2		80.6	615.1
Jequetepeque	52.1	218.8	278.9	107.7	68.1		145.1	94.2
Chicama	39.3	139.4	254.3	95.1	63.5		118.3	48.6
Santa	332.9	539.6	1128.7	663.8	385.7		610.2	111.0
Pativilca	72.4	67.4	103.2	114.5	88.1		89.1	5.6
Huaral	23.0	22.2	81.9	69.7	33.2		46.0	55.1
Chillon	7.3	8.4	17.0	17.7	10.7		12.2	3.0
Rímac	39.9	37.4	66.6	69.1	41.6		50.9	-17.2
Mala	31.2	42.6	67.0	92.6	53.8		57.4	23.9
Cañete	101.0	134.4	179.0	243.6	115.0		154.6	19.9
Pisco	66.3	86.7	172.8	157.2	71.9		111.0	46.3
Ica	18.5	50.3	88.1	84.5	36.1		55.5	115.9
Ocoña	97.9	147.8	238.8	143.1	136.0		152.7	-31.7
Huatiapa	47.9	52.5	119.3	94.1	136.0		90.0	-51.6
Tambo	17.0	16.1	23.2	23.4	s/d		19.9	-254.3
Locumba	1.7	1.8	1.8	1.9	2.2		1.9	-35.95
Sama	1.2	1.3	2.0	s/d	s/d		1.5	-64.0
Caplina	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6		0.6	-33.3
Huancane	5.3	4.0	4.2	5.1	3.2		4.4	-83.5
Ramis	15.0	10.0	12.8	21.9	179.3		47.8	-81.7
Coata	9.1	9.0	12.5	37.5	90.0		31.6	-54.1
Ilave	19.1	22.5	s/d	s/d	s/d		20.8	-71.5

Fuente: SENAMHI, Juntas de Usuarios y Proyectos Especiales

Elaborado: ANA

Los principales embalses del país, al 28/03/2023 se encuentran almacenando agua a un 67.22 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que para el mismo mes se tenía almacenamiento del 84.2 % de la capacidad nacional, de otro lado, la mayoría de los reservorios empiezan a aumentar sus volúmenes, pero sobre todo en el norte del País, cabe mencionar que las represas de San Lorenzo y Gallito Ciego superan el 90 % de su capacidad.

Tabla 5: Estado situacional de los reservorios al 28 marzo del 2023

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	27-Mar	Piura	445.50	312.50	70.15
Costa - Norte	San Lorenzo	27-Mar	Piura	195.60	190.28	97.28
Costa - Norte	Tinajones	29-Mar	Lambayeque	331.55	194.34	58.62
Costa - Norte	Gallito Ciego	30-Mar	La Libertad	366.09	350.62	95.77
Costa - Centro	Viconga	27-Mar	Lima	30.00	17.20	57.35
Costa - Centro	Sistema Rímac	23-Mar	Lima, Junin	282.35	184.98	65.51
Costa - Centro	Choclococha	27-Mar	Ica	131.10	85.27	65.05
Costa - Sur	Ccaracocha	27-Mar	Ica	40.00	21.85	54.63
Costa - Sur	Condorama	13-Mar	Arequipa	259.00	129.10	49.85
Costa - Sur	El Pañe	27-Mar	Arequipa	99.61	78.38	78.69
Costa - Sur	Dique Los Españoles	27-Mar	Arequipa	9.09	4.81	52.92
Costa - Sur	Pillones	27-Mar	Arequipa	78.50	35.91	45.75
Costa - Sur	El Frayle	27-Mar	Arequipa	127.24	80.83	63.53
Costa - Sur	Aguada Blanca	27-Mar	Arequipa	30.43	27.73	91.13
Costa - Sur	Chalhuanca	27-Mar	Arequipa	25.00	25.00	100.00
Costa - Sur	Bamputañe	27-Mar	Arequipa	40.00	19.45	48.63
Costa - Sur	Pasto Grande	27-Mar	Moquegua	200.00	153.92	76.96
Costa - Sur	Paucarani	27-Mar	Tacna	10.50	4.19	39.91
Costa - Sur	Laguna Aricota	27-Mar	Tacna	280.00	194.64	69.51
Sierra - Centro	Jarumas	27-Mar	Tacna	13.00	12.30	94.62
Sierra - Centro	Cuchoquesera	27-Mar	Ayacucho	80.00	61.18	76.47
Sierra - Sur	Lago Junín	27-Mar	Junin	441.00	176.23	39.96
Sierra - Sur	Lagunillas	27-Mar	Puno	585.13	411.50	70.33
Sierra - Sur	Sibinacocha	27-Mar	Cusco	110.00	47.50	43.18
Situación Nacional				4210.69	2830.62	67.22

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos

Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango en la costa norte, las temperaturas diurnas y nocturnas de normales a ligeramente cálidas y una disminución de lluvias reportadas fueron favorables para las labores de poda en las plantaciones de mango para el inicio de la campaña 2023-2024, especialmente en los campos no afectados por inundaciones; en tanto que, en los valles arroceros de Chancay y La Leche (Lambayeque) y San Lorenzo (Piura), dichas condiciones térmicas favorecieron el desarrollo vegetativo de los arrozales; sin embargo, la persistencia de precipitaciones promovió condiciones favorables para la presencia de enfermedades fúngicas. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna) las temperaturas diurnas y nocturnas superiores a su normal promovieron la maduración de la aceituna verde. (Figura 40).

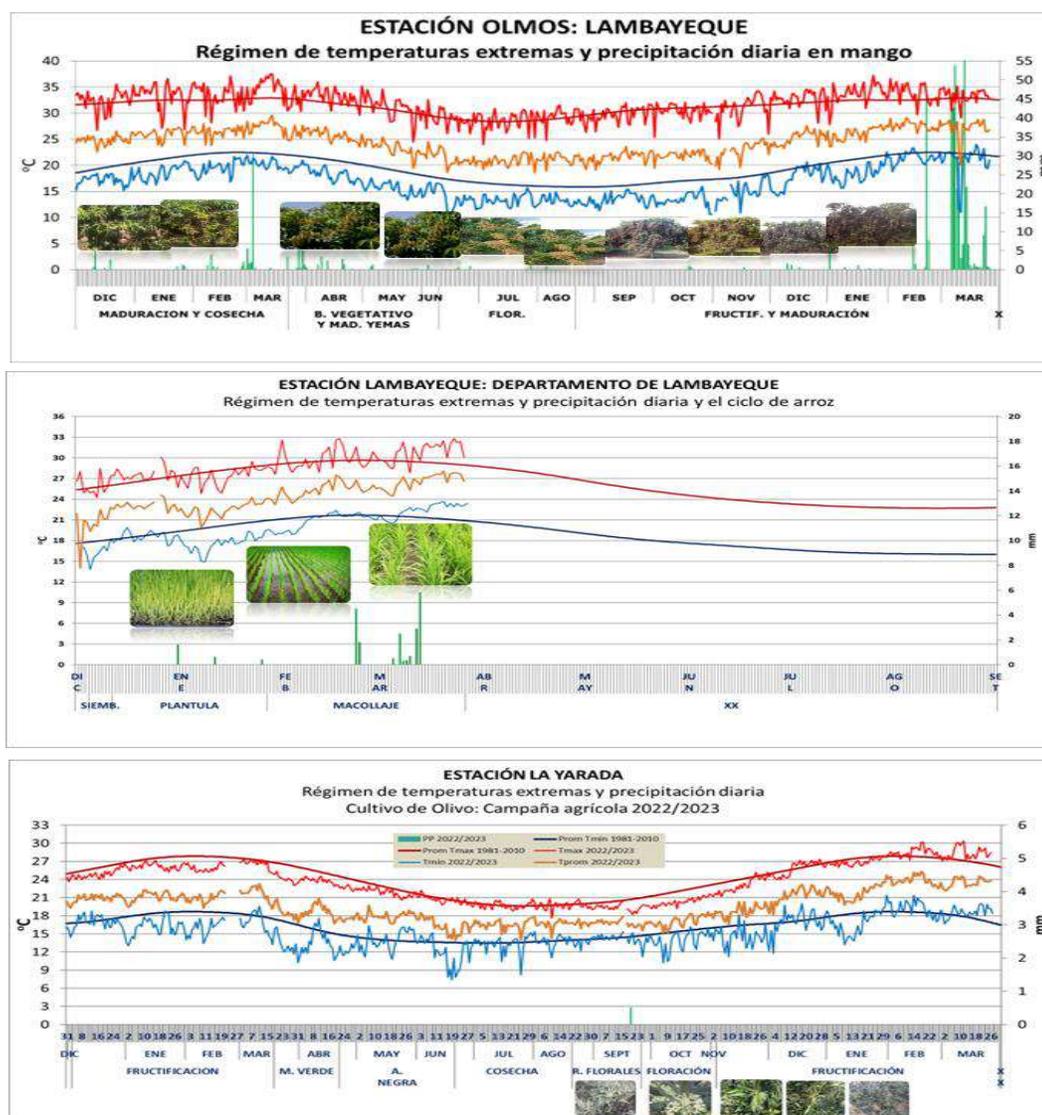


Figura 40. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023.

Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME indican una condición neutra en el Pacífico central (Niño 3.4) hasta mayo; entre junio y septiembre se esperarían condiciones cálidas débiles y para octubre se espera una condición cálida moderada (Tabla 6). El promedio de los modelos numéricos de CPC consolidado (IRI) indica condiciones cálidas entre los meses de junio y diciembre. Los pronósticos probabilísticos del IRI indican condiciones El Niño entre los meses de julio y diciembre (Figura 41 y Figura 42).

Tabla 6: Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4).

Fuente: IGP.

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	0.17	0.37	0.58	0.79	0.97	1.12	1.25
CanCM4i	0.02	0.25	0.59	0.92	1.11	1.17	1.16
GEM5_NEMO	-0.07	0.15	0.37	0.53	0.60	0.57	0.55
NASA	0.23	0.42	0.61	0.73	0.83	0.91	1.01
GFDL_SPEARE	0.20	0.51	0.85	1.10	1.21	1.21	1.27
NCAR_CCSM4	0.14	0.29	0.49	0.71	0.88	0.95	0.99
Promedio							
NMME	0.12	0.33	0.58	0.80	0.93	0.99	1.04

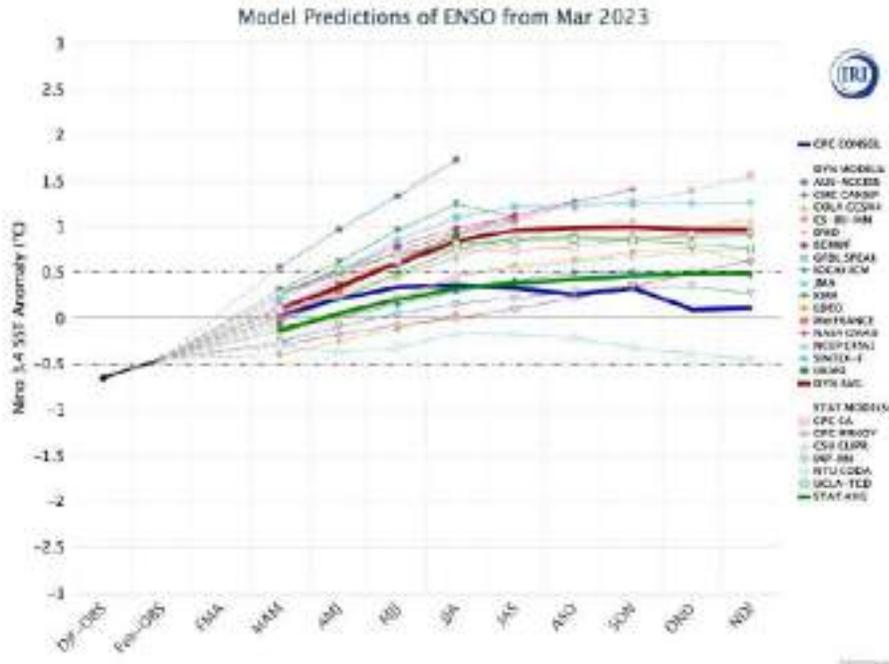


Figura 41 Resultados de los modelos numéricos y estadísticos para el pronóstico de anomalías de TSM en la región Niño 3.4. **Fuente** IRI

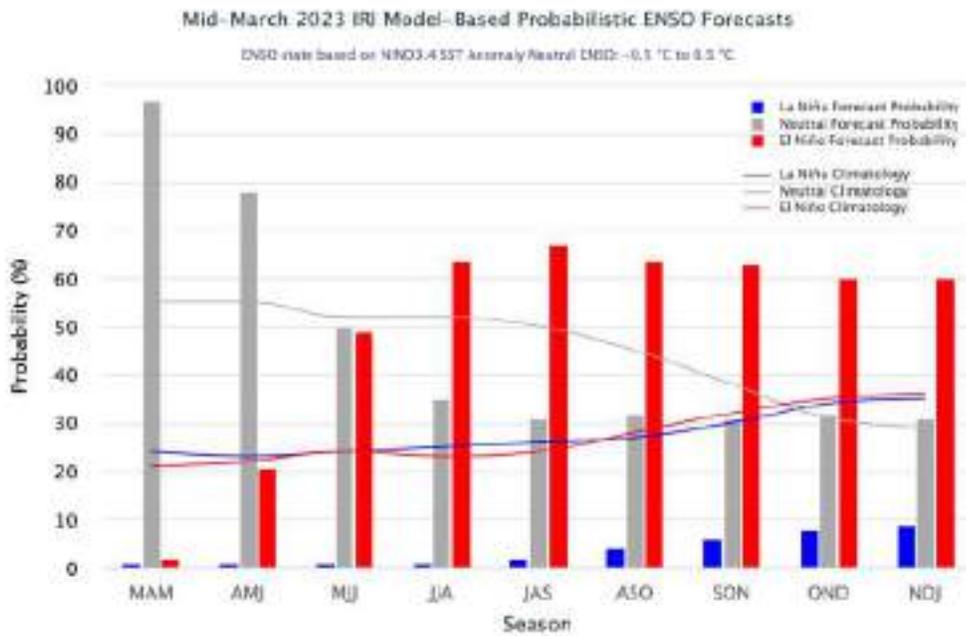


Figura 42. Pronósticos probabilísticos basados en los modelos del IRI para el ENSO, región Niño 3.4

Con respecto a la región Niño 1+2, los pronósticos del ICEN muestran condiciones cálidas débiles en marzo y abril; posteriormente, entre los meses de mayo y octubre, se esperarían condiciones cálidas moderadas (Tabla 7).

Tabla 7: Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP.

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	0.71	1.09	1.31	1.39	1.34	1.24	1.17
CanCM4i	0.61	1.05	1.50	1.62	1.46	1.19	0.96
GEM5_NEMO	0.95	0.92	0.69	0.46	0.38	0.41	0.36
NASA	1.27	1.82	2.22	2.28	2.05	1.71	1.43
GFDL_SPEARE	1.55	1.97	2.07	2.10	2.06	1.92	1.70
NCAR_CCSM4	0.87	1.22	1.38	1.37	1.25	1.03	0.83
Promedio							
NMME	0.99	1.35	1.53	1.54	1.42	1.25	1.08

Las proyecciones basadas en los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, indican que el impacto de la onda de Kelvin cálida que arribó en marzo empiece a disminuir. Por otro lado, se espera que otra Kelvin cálida arribe a la costa peruana a fines de abril e inicios de mayo, cuyo efecto persistiría hasta junio. A la fecha, esta onda se ve más intensa que la anterior. Asimismo, más allá de marzo no se detecta la presencia de ondas de Rossby cálidas en el extremo occidental que puedan generar ondas de Kelvin cálidas de reflexión (**Figura 43**, **Figura 44** y **Figura 45**).

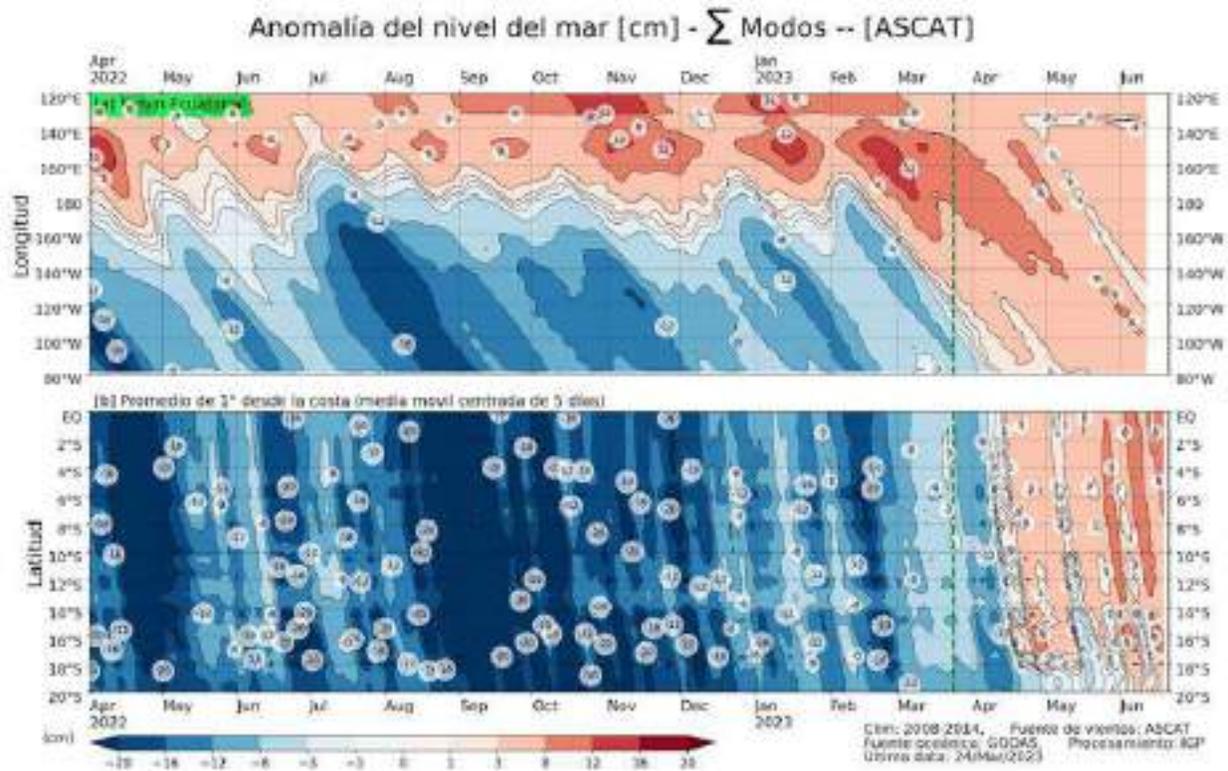


Figura 43. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

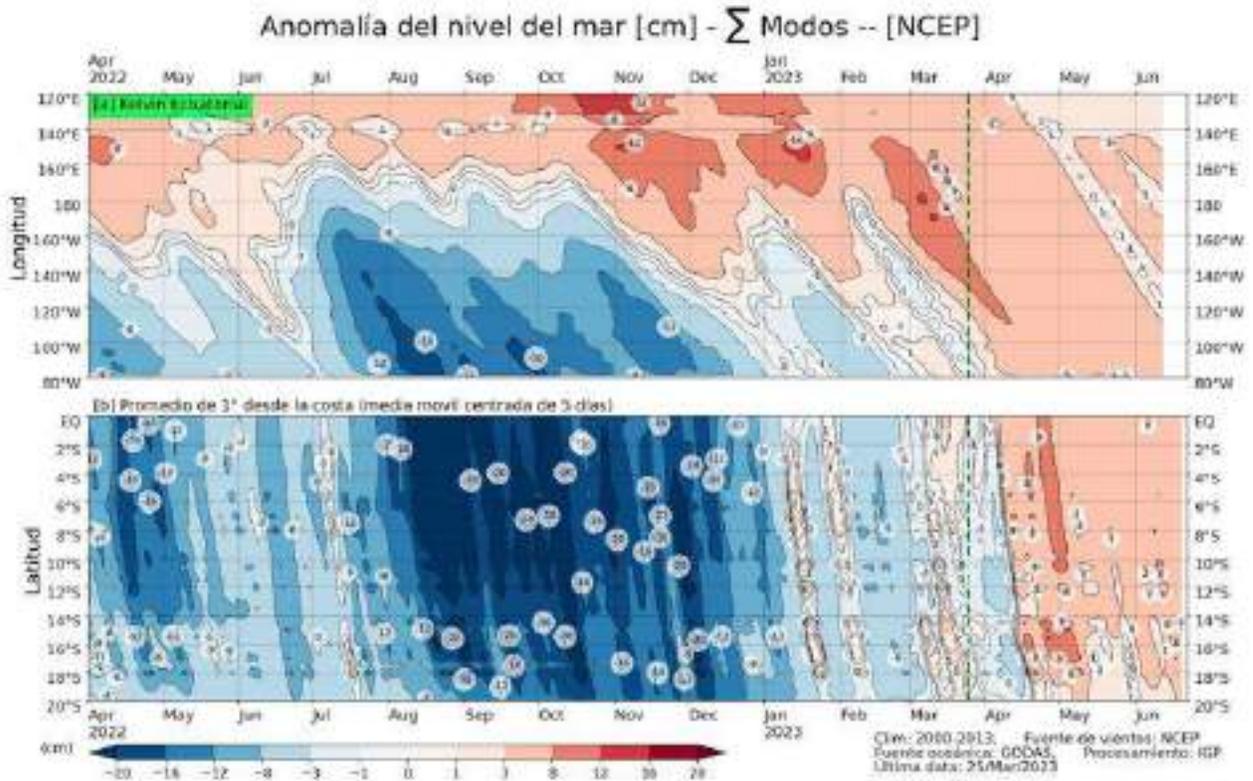


Figura 44. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada NCEP. Fuente: IGP

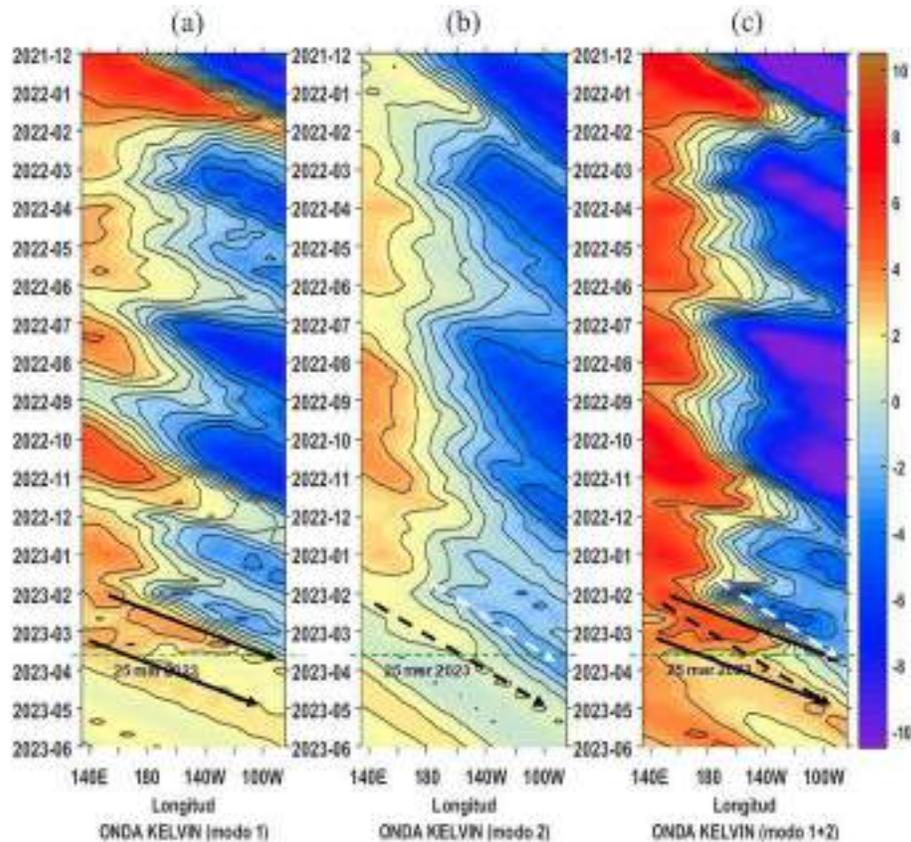


Figura 45. Diagrama Hovmöller (longitud-tiempo) de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico.

Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. **Procesamiento:** LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

En base 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 julio de 2023 y que posteriormente ocurra la transición hacia condiciones El Niño (Tabla 8 y 9 , Figura 46).

Tabla 8: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre abril y agosto 2023.

Pacífico central	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	5	1	0	0	0
Neutro	86	80	62	52	44
Cálida débil	9	19	36	45	51
Cálida moderado	0	0	2	3	5
Cálida fuerte	0	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas hasta al menos agosto de 2023 (Tabla 9 y Figura 46). Cabe indicar que la probabilidad de las condiciones cálidas alcanzaría 100 % y 99 % en abril y mayo, respectivamente.

Tabla 9: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre abril y agosto 2023.

Pacífico oriental	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0
Neutro	0	1	4	10	10
Cálida débil	48	51	60	65	65
Cálida moderado	51	48	36	25	25
Cálida fuerte	1	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0	0



Figura 46. 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 agosto 2023

En relación a la temperatura superficial del mar, para la región Niño 1+2 se esperan, según los modelos, un incremento sobre lo normal para la primera semana de abril. De acuerdo con los escenarios mensuales de precipitaciones elaborados por el SENAMHI, se mantienen los pronósticos de lluvias para los meses abril-junio. La costa norte y centro serían las regiones que mostrarían precipitaciones pluviales superiores a las condiciones normales, especialmente en el mes de abril, con un 53% - 49% de probabilidad, respectivamente. En el caso de la costa sur se esperarían condiciones normales, mientras que la sierra norte occidental al igual que la sierra occidental, también experimentarían lluvias superiores a las condiciones normales.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, de continuar las condiciones cálidas anómalas se prevé que la anchoveta del stock norte-centro continúe replegada en la zona costera y presente una migración hacia el sur continuando la disminución el proceso de desove de verano. Por otro lado, se espera mayor disponibilidad y accesibilidad de especies ecuatoriales como samasa, machete de hebra u otras, y especies transzonales y oceánicas como caballa, bonito o atunes.

Asimismo, se espera que la población de merluza se desplace latitudinalmente hacia el sur, ampliando el área de distribución, acorde con el calentamiento que se está presentando. Este desplazamiento podrá reflejarse en cambios en las estructuras de tallas provenientes de las capturas de la flota de arrastre industrial, las que dependerán de la intensidad y duración de las condiciones cálidas.

Las condiciones cálidas favorecen la disponibilidad de algunas especies bento demersales de valor comercial, que generan una actividad pesquera de oportunidad frente a las costas de Piura y Tumbes; destaca el recurso falso volador (*Prionotus stephanophrys*), así como de algunos langostinos, como el langostino café *Farfantepenaeus californiensis* y cangrejos *Euphylax*, entre otros

En el caso del calamar gigante o pota, la abundancia y disponibilidad en aguas peruanas se vería afectada dependiendo de la duración e intensidad del evento. Históricamente, se ve fuertemente afectada (disminuye su disponibilidad) en eventos extraordinarios de larga duración como El Niño 1997-98, mientras que, durante eventos El Niño menos duraderos y de menor intensidad, el impacto es menor. En abril, se espera que en los ríos de la región hidrográfica del Pacífico norte y centro continúen las crecidas que podrían ocasionar la erosión de sus cauces e inundaciones, principalmente en las cuencas de Tumbes, Chira, Piura y Lambayeque. Por otro lado, en los ríos de las cuencas del Amazonas Sur y Titicaca los caudales permanecerían por debajo de sus valores normales

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el Estado del sistema de “Alerta de El Niño costero”, ya que se espera que las condiciones de El Niño costero continúen por lo menos hasta julio del presente año y con una mayor probabilidad de magnitud débil. Esto significa que los valores de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, continuarán por encima de lo normal.

Los factores que mantendrán el desarrollo de este evento son el acoplamiento océano-atmósfera frente a la costa peruana que se extendería hasta abril, así como el arribo esperado de un paquete de ondas Kelvin cálidas entre abril y mayo.

Para la región del Pacífico central, los pronósticos de los modelos climáticos internacionales, actualizados a la fecha, indican un aumento gradual de la probabilidad de condiciones cálidas hasta una transición a condiciones El Niño en julio. De cumplirse estos pronósticos, aumentaría la probabilidad de generación de ondas Kelvin cálidas y su arribo a la costa peruana. Sin embargo, cabe recordar que, en general, los pronósticos para más allá del otoño presentan menor grado de acierto debido a la barrera de predictibilidad.

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 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. En vista de las condiciones presentes, el ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el 13 de abril 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>
- Buitrón, B., Perea, Á., Mori, J., Sánchez, J., & Roque, C. (2011). Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2172>
- 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.
- Huang, B., Thorne, P. W., Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., & Zhang, H.-M. (2017). Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *Journal of Climate*, 30(20), 8179-8205. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>
- 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 (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación científica/Cultura	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

