

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N°05

13 MARZO DE 2024

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

Modelo Operacional: Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño

Autor: Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN)

Conformación de la Comisión Multisectorial

Presidente:

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

Vice-Presidente:

Ing. 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)

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

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

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

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Kobi Mosquera (IGP)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas José Luis Bustamante Alburjar

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico-Técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN

Edición y Producción: Luis Pizarro (Secretaría Técnica del ENFEN)

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente. Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), 2024.

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N°05, 13 marzo de 2024, 63 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en <http://enfen.imarpe.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: xx de marzo de 2024



**Diagnóstico Climático y Previsión de
EI
Niño-Oscilación del Sur en el Perú al
13 de marzo 2024**

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	MÉTODOS	6
2.1.	Variables	6
	Temperatura Superficial del Mar (TSM)	7
2.2.	Índices	7
	Índice Costero El Niño (ICEN)	7
	Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)	8
	Índices reproductivos de anchoveta	8
2.3.	Modelos y Pronósticos	8
	Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)	8
	Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia	8
	Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)	9
	Modelos Climáticos de Agencias Internacionales	9
	Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto	9
III.	CONDICIONES OBSERVADAS AL 13 DE MARZO DE 2024	10
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	10
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales	18
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	32
3.4.	Condiciones hidrológicas	42
3.5.	Condiciones agrometeorológicas	44
IV.	PERSPECTIVAS	50
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
VI.	REFERENCIAS	59
VII.	ANEXO	62

I. INTRODUCCIÓN

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

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

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

II. MÉTODOS

Variables

Las principales variables utilizadas en este informe están clasificadas en: atmosféricas, oceanográficas, hidrológicas y biológicas-pesqueras. En el Anexo 1 se detallan las variables monitoreadas y presentadas en este informe, por el grupo de trabajo científico-técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN, indicando la fuente de la información (*in situ*, satelital, re-análisis, modelos), la institución responsable del procesamiento de los datos, así como precisiones u observaciones respecto a la metodología.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el océano global, el producto de TSM del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) proporciona mapas diarios con resolución horizontal de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), utilizando datos *in situ* y satelitales de radiómetros infrarrojos y microondas. Las anomalías de TSM se calculan en base a la climatología de Pathfinder, a una resolución horizontal de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ($1/4^\circ$).

Como parte del procedimiento de análisis, se realiza una estimación del sesgo en cada uno de los sensores de satélite contribuyentes. Esto se realiza calculando emparejamientos entre cada sensor de satélite y un conjunto de datos de referencia (actualmente compuesto por los datos *in situ* y un subconjunto de los datos de satélite MetOp AVHRR). Estas diferencias se introducen luego en un procedimiento de Interpolación óptima para producir campos de polarización cuadrículados en cada sensor. OSTIA utiliza datos satelitales proporcionados por el proyecto GHRSSST junto con observaciones *in situ*, para determinar la TSM. Para mayor información: <http://ghrsst-pp.metoffice.gov.uk/ostia-website/index.html>

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

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

Índices

Índice Costero El Niño (ICEN)

Es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 con respecto a la climatología de 1981-2010 usando, hasta enero de 2020, los datos de Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v3b *real-time* (Huang et al., 2017), y en la actualidad ERSST v5. Se categoriza las condiciones como frías o cálidas; en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria (ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014). El valor temporal del ICEN (ICEN-tmp) se calcula utilizando el promedio de los pronósticos de la ATSM de los modelos de North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente.

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

El ONI es una medida de El Niño-Oscilación del Sur que es calculado a partir de la media

móvil de 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (ERSST.v5) en la región del Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), basado en períodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años.

Índices reproductivos de anchoveta

La información del proceso reproductivo de la anchoveta proviene de los muestreos biológicos realizados en las diferentes sedes regionales del IMARPE (Paita, Chimbote, Huanchaco, Huacho, Callao, Pisco e Ilo). A partir de esta información se determinan los siguientes índices reproductivos: índice gonadosomático (IGS), que es un indicador de la actividad reproductiva; fracción desovante (FD), que es un indicador directo del proceso de desove; y contenido graso (CG), que es un indicador de la condición somática del recurso, mostrando la reserva energética del mismo (Buitrón et al., 2011). El IGS se calcula mediante la relación del peso de la gónada y el peso eviscerado del pez (Vazzoler, 1982), contándose con información desde 1986. La FD se calcula como el cociente de las hembras que están en condición de desovantes sobre el total de hembras analizadas, expresada en porcentaje; con información disponible desde 1992. El CG se determina mediante la extracción de grasa total por el método de Soxhlet (Helrich, 1990), el cual es expresado en porcentaje con información desde 2002.

Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

El modelo representa la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial y se simula con dos tipos de termoclina, constante y variable. Para el diagnóstico, el modelo es forzado con esfuerzo de viento del reanalysis NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y vientos observados remotamente de ASCAT (Bentamy et al., 2008), estos últimos obtenidos de <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>. Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger & Menkes (1995). Para el pronóstico, el modelo continúa integrándose numéricamente en el tiempo usando dos artificios: 1) esfuerzo de viento igual a cero y 2) promedio de los últimos 30 días de la anomalía del esfuerzo de viento (Mosquera, 2009, 2014; Mosquera et al., 2010).

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

El modelo se utiliza para representar la propagación de la onda Kelvin ecuatorial (OKE) en 3 modos baroclínicos, forzado con anomalías de vientos del *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004), Dewitte et al. (2002) y Quispe et al. (2017). El análisis de la OKE se realiza con los modos baroclínicos modo 1 y modo 2, los que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, para una mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

Este modelo, al igual que los anteriores, se utiliza para simular principalmente el desarrollo de las ondas Kelvin en el Pacífico ecuatorial y frente a la costa peruana. Para esto, siguiendo la metodología de Dewitte et al. (1999) se obtienen los coeficientes de proyección y velocidades características de cada modo baroclínico del *reanalysis* de SODA (Carton & Giese, 2008) y GODAS (Behringer & Xue, 2003). El MOMM es forzado con: 1) vientos del *reanalysis* atmosférico de NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y 2) vientos del *scatterometer* ASCAT (Bentamy et al., 2008). Para más detalles del modelo se puede ver Urbina & Mosquera Vásquez (2020).

Modelos Climáticos de Agencias Internacionales

Los resultados de estos modelos numéricos se utilizan como insumo para el análisis de la perspectiva de mediano y largo plazo (8 meses). En este caso particular se utiliza la información del conjunto de modelos denominado North American Multi-Model Ensemble (NMME) (Kirtman et al., 2014)

Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto

El cuadro de probabilidades es el resultado del análisis conjunto de la información generada por las propias observaciones del ENFEN, así como la información basada en los Modelos Climáticos Globales (MCG) e información de diversos centros de investigación y agencias internacionales. Debido a las limitaciones comunes de estos modelos, se acude a la interpretación y el conocimiento experto de los científicos de esta comisión multisectorial, quienes además de evaluar los resultados de los MCG aportan con sus modelos conceptuales y estudios retrospectivos que permiten inferir escenarios de pronóstico, que son discutidos, consensuados y plasmados en probabilidades porcentuales de ocurrencia de distintas categorías de las condiciones oceanográficas (frías a cálidas) en las regiones Niño 3.4¹ y Niño 1+2², aplicando los mismos umbrales de anomalías de TSM usadas para definir las categorías El Niño y La Niña (ENFEN, 2012).

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

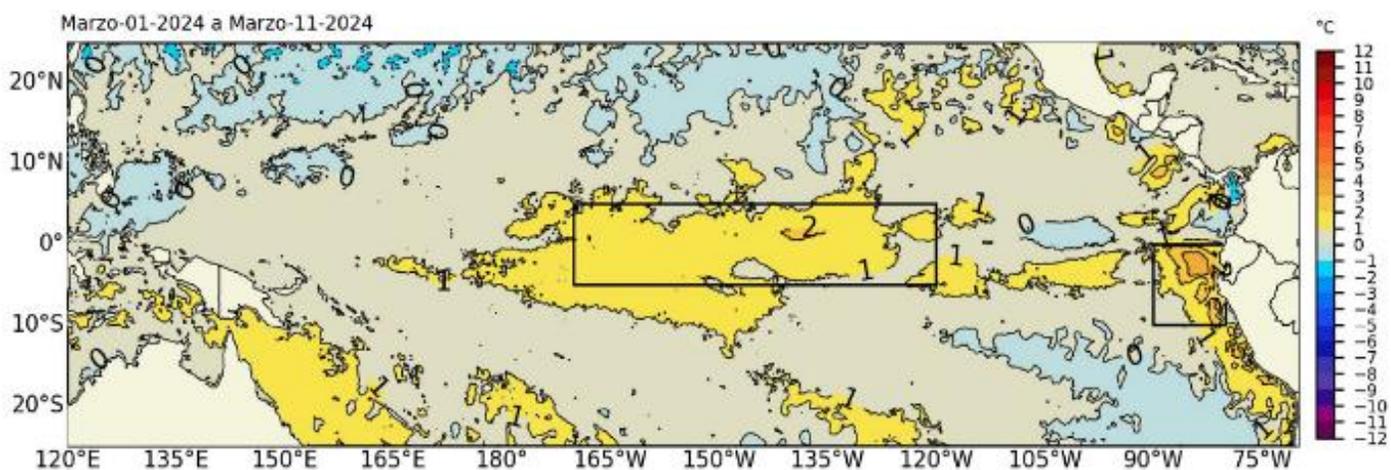
² Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno El Niño. (2012). Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 13 DE MARZO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

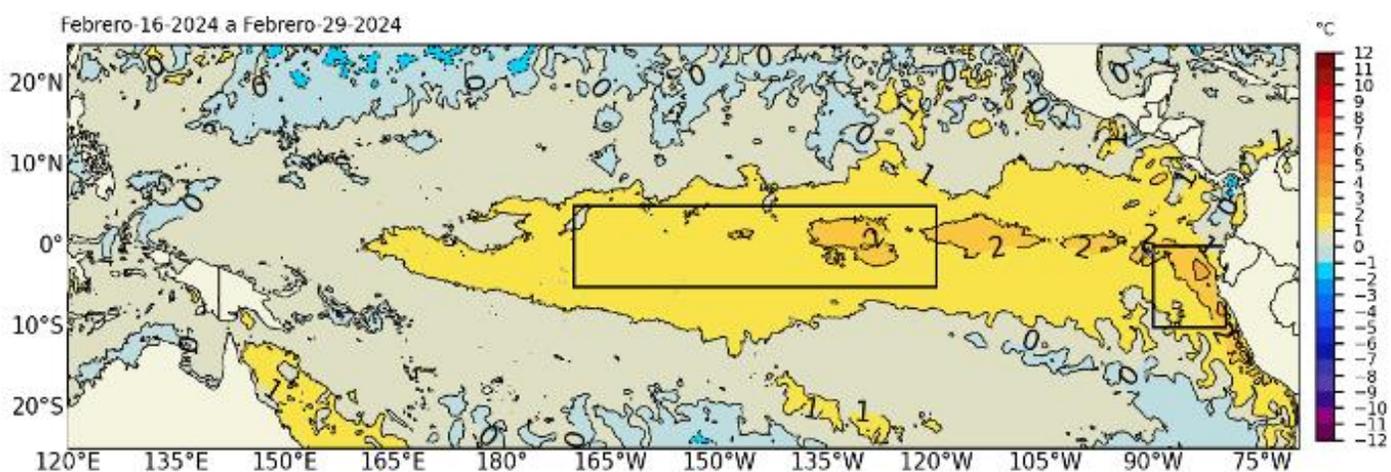
En la región del Pacífico ecuatorial continuaron disminuyendo las condiciones cálidas; presentando sobre el Pacífico ecuatorial oriental una condición cálida débil en febrero y entre débil y moderada en las observaciones semanales durante los primeros días de marzo (**Figura 1,**

Tabla 1 y Tabla 2). Según los datos semanales del OISST en la región Niño 3.4 para la primera semana de marzo 2024 se registraron anomalías de +1,4 °C; en la región Niño 3, de +1,0 °C y en la región Niño 1+2, de +1,0 °C (**Tabla 2**).



Datos de: UK Met Office, 2012. OSTIA L4 SST Analysis (GDS2). Ver. 2.0. PO.DAAC, CA, USA. <https://doi.org/10.5067/GHOST-4FK02>
Climatología 1991-2020

a)



Datos de: UK Met Office, 2012. OSTIA L4 SST Analysis (GDS2). Ver. 2.0. PO.DAAC, CA, USA. <https://doi.org/10.5067/GHOST-4FK02>
Climatología 1991-2020

b)

Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico Tropical del a) 01 al 11 de marzo 2024 y b) del 16 al 29 de febrero 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Set. 23	23.14	2.42	27.01	2.10	28.32	1.60	29.88	1.12
Oct.	23.34	2.32	27.13	2.15	28.44	1.72	29.99	1.23
Nov.	23.73	2.07	27.20	2.10	28.72	2.02	30.21	1.51
Dic.	24.42	1.61	27.24	2.02	28.62	2.03	30.04	1.50
Ene. 24	25.82	1.26	27.52	1.86	28.36	1.82	29.86	1.55
Feb.	27.08	0.98	27.95	1.55	28.31	1.56	29.49	1.30

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
07-Feb-24	26.9	1.2	27.7	1.6	28.2	1.7	29.4	1.3
14-Feb-24	27.2	1.1	27.8	1.5	28.1	1.5	29.2	1.1
21-Feb-24	27.0	0.7	27.9	1.4	28.3	1.5	29.3	1.2
28-Feb-24	27.4	0.9	28.0	1.3	28.2	1.3	29.2	1.1
06-Mar-24	27.5	1.0	27.9	1.0	28.4	1.4	29.2	1.1

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

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
feb-23	0,42	Cálida Débil	-0,45	Neutro
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0.16	Neutro
abr-23	2,19	Cálida Fuerte	0,14	Neutro
May-23	2,55	Cálida Fuerte	0,47	Neutro
Jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte
nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
Dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1,29	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
feb-24	0,99	Cálida Débil	1,50	Cálida Fuerte

Fuente: IGP

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se sigue observando la presencia de la onda de Kelvin fría en el extremo oriental del Pacífico; asimismo, se aprecia una señal fría en la zona occidental (**Figura 2**). La señal de la onda de Kelvin cálida, que se habría formado por pulsos de viento del oeste que se desarrollaron entre fines de enero e inicios de febrero en la zona occidental y central, mostró una disminución en su magnitud. No se observan señales de ondas de Rossby, cálidas o frías, en la zona occidental que puedan reflejarse como ondas de Kelvin relevantes. En la zona oriental, se observa la señal de ondas de Rossby cálidas que serían resultado de la reflexión de ondas de Kelvin cálidas en el borde oriental (**Figura 3**). La señal del paquete de ondas de Kelvin frías en la profundidad de la termoclina se mantiene presente en el océano Pacífico central y oriental. Se sigue observando la señal de una onda de Kelvin cálida en la zona occidental-central, aunque con una magnitud débil (**Figura 2b**).

(2°S to 2°N average)

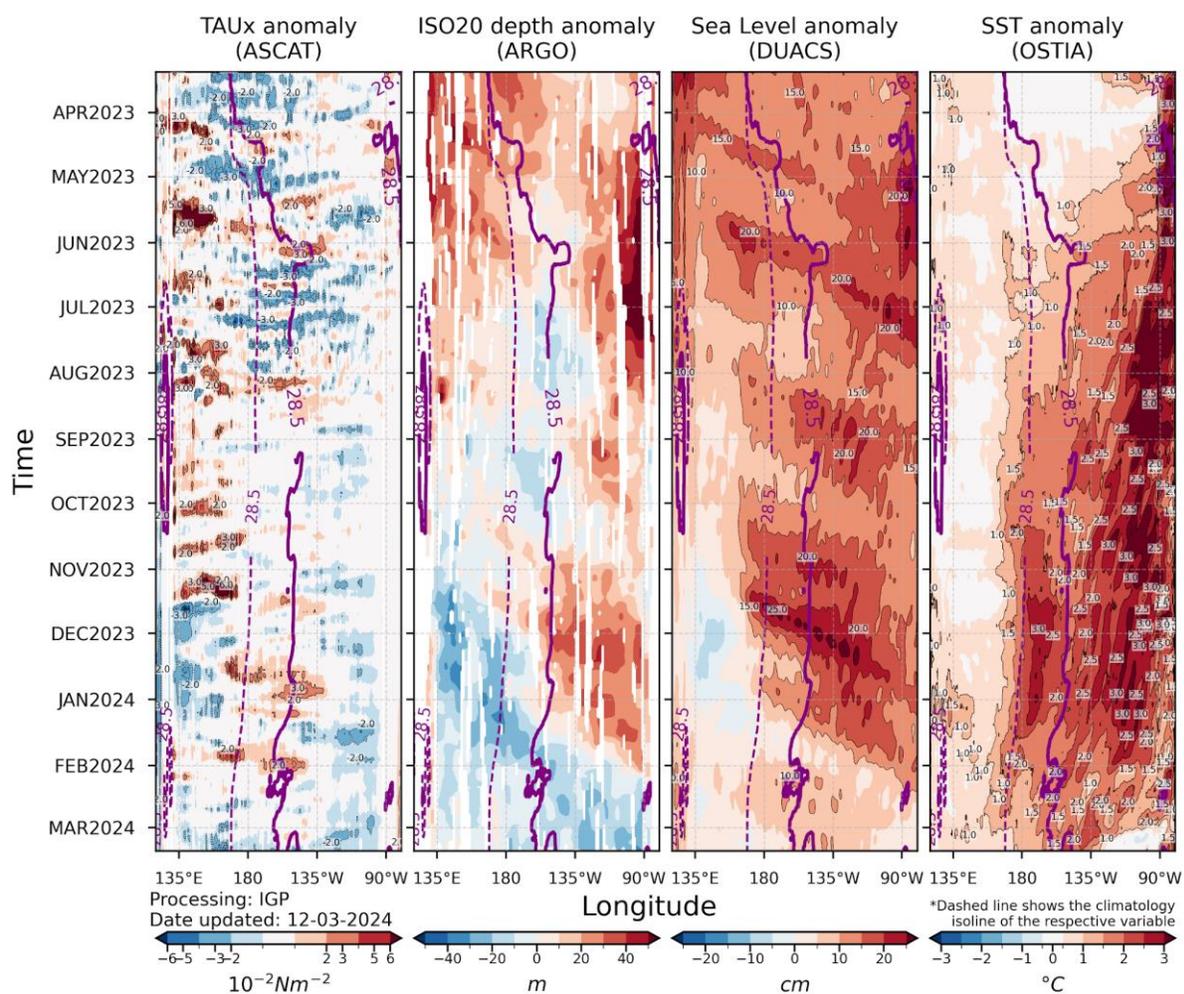


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP

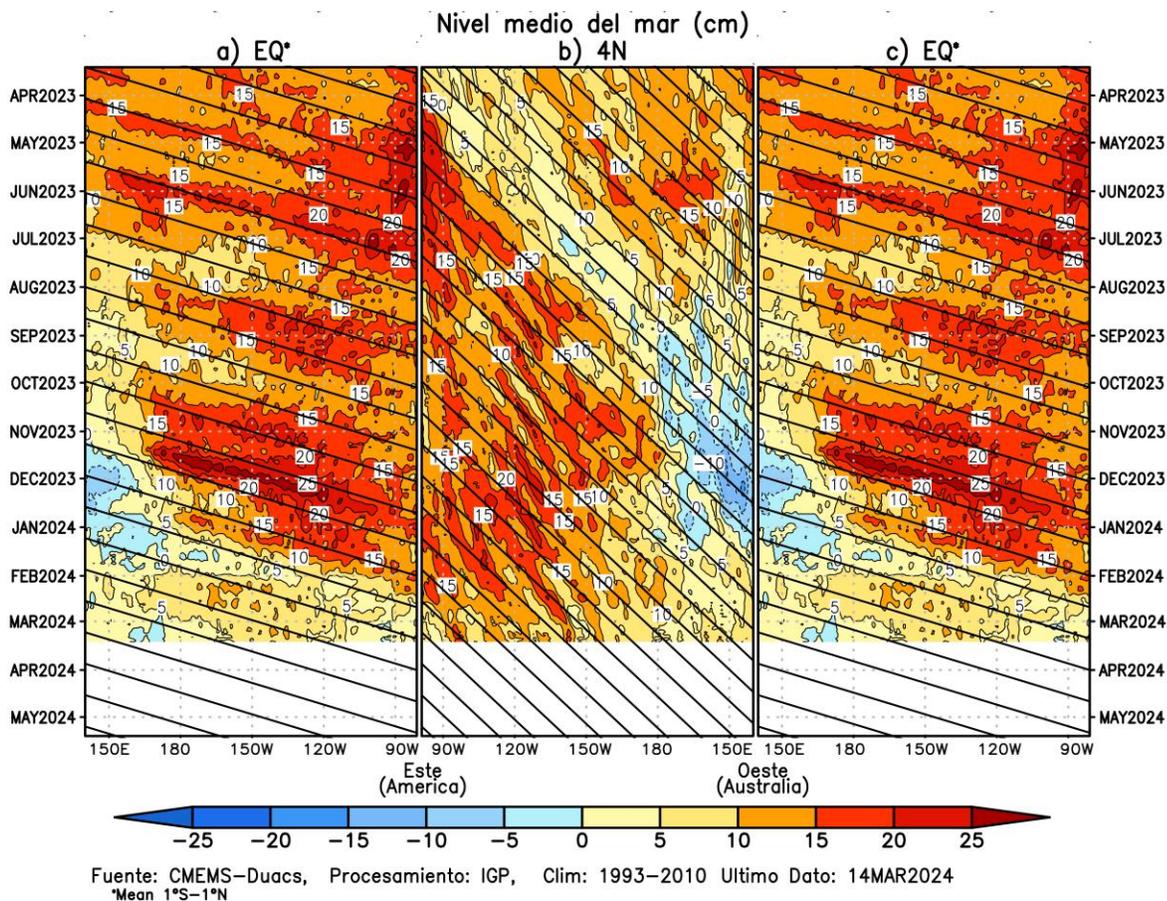


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

En promedio para marzo de 2024, continuaron presentándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central (-1 hPa), extendiéndose hacia la región sur del Pacífico, sin embargo, esta área es menor a comparación de lo registrado en febrero (durante el cual estuvo activa la zona de convergencia del Pacífico Sur - ZCPS) y concentrada en los 120°W. Sobre el mar continental, se extienden hacia el norte anomalías positivas de presión atmosférica de hasta +3 hPa, favoreciendo la ausencia de precipitaciones en la región comprendida entre (120°E – 150°E), sin embargo, hacia el lado suroriental del mar continental se presenta una convección importante (150° E – 180° al sureste de Australia). Además, en Sudamérica, en la vertiente oriental y cuenca amazónica, la subsidencia de la circulación Walker se fortaleció con respecto a febrero, presentando anomalías positivas de presión (+1 hPa) por lo que ya no se aprecian patrones de gran desarrollo convectivo entre 90°W y 30°W; mientras que, en el Pacífico oriental, entre los 120°W y 135°W persiste una convección ligera (**Figura 4c y Figura 4d**).

La actividad de la ZCPS para las tres primeras semanas de febrero favoreció el debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) e impulsó la caída del gradiente de presión atmosférica frente a la costa peruana, permitiendo el libre flujo de aire cálido del norte hacia la costa peruana; sin embargo, este patrón cambió a inicios de marzo, en el cual las anomalías negativas de presión se redujeron significativamente, confinándose al oeste de los 120°W. En consecuencia, el APS se fortaleció y a su vez, también el gradiente de presión frente a la costa peruana (**Figura 4b y Figura 4d**). Este cambio de patrón se reflejó en un incremento del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 11 de marzo de 2024 (según el Bureau of Meteorology - Australia) registrando el valor de -2.2 (media móvil de los últimos 30 días), más asociado a condiciones neutras. Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) hacia la tercera semana de febrero de 2024 predominó una ventana breve de la fase divergente sobre la región de Sudamérica en especial para el norte del Perú; mientras que en marzo predominó la fase subsidente lo que limitó la convección en los primeros 11 días del mes sobre el territorio peruano (**Figura 5c**). Sin embargo, en la zona sur del Perú se tuvieron importantes episodios de lluvias favorecidos por el aporte de divergencia (en 200 hPa) del Alta de Bolivia relegada hacia el sur de su posición climática y los flujos húmedos del este en niveles medios (500 hPa). En los próximos días se espera que esta fase persista hasta el 21 de marzo, donde los patrones cambian a una ligera fase divergente hasta fines del mes.

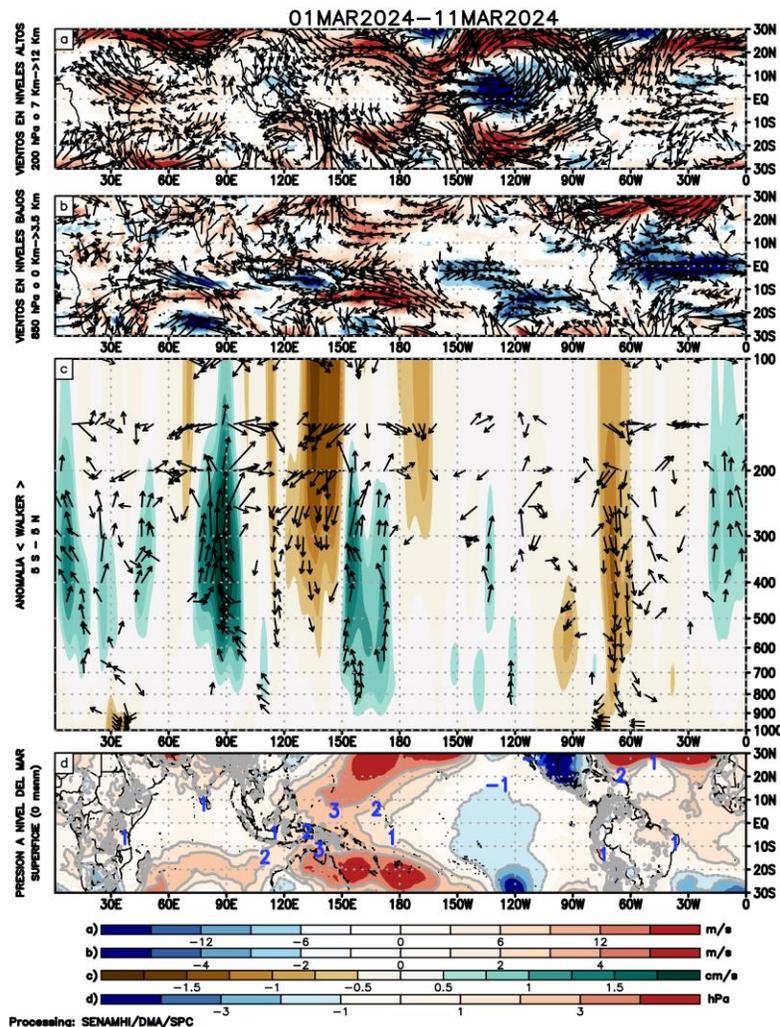


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-11 de marzo de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

Según el modelo GFS, en promedio, para los primeros 12 días de marzo, de la circulación en superficie (1000 hPa), mostró anomalías negativas de vientos del este entre los 120°E a 120°W (**Figura 5a**). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, aunque los vientos del este estuvieron concentrados en una región de menor área, desde los 120°E hasta los 180°; asimismo, entre los 180° y los 120°W predominaron vientos del oeste de ligera intensidad (**Figura 5b**). Esto propició que entre los 150°W y los 120°W se desarrollaran patrones convectivos de ligera a moderada intensidad. En niveles de alta tropósfera (200 hPa) de la franja tropical, al norte del Ecuador (0° - 10° N) se observaron anomalías de flujos del este en forma predominante desde los 150°W hasta los 90°W; mientras que al sur del Ecuador (0° - 15°S) de 150°W a 75°W predominaron vientos del oeste, que hacen un ingreso a la región peruana y Ecuador y limitan convecciones de gran desarrollo vertical, en especial en la región norte y central de la vertiente occidental del Perú (**Figura 4a**).

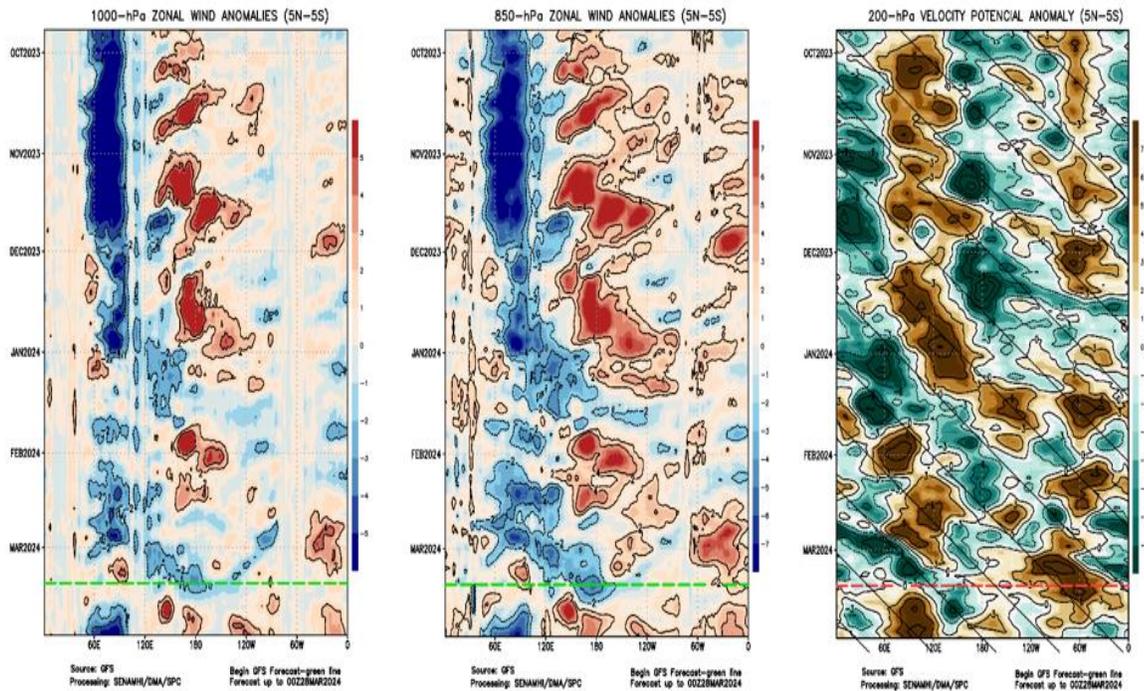


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre octubre 2023 a marzo del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

Para el trimestre DEF 2023-2024, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango normal de intensidad (+1,1 hPa) y se ubicó desplazado al este de su posición normal. Con respecto al trimestre NDE, el APS mostró un debilitamiento y un desplazamiento al noreste. En promedio, para febrero, el APS se ubicó en promedio en los 90,0°W y 32,5°S, desplazado al noreste de su posición habitual y con un mayor debilitamiento, alcanzando una anomalía en su núcleo de -0,8 hPa (Figura 6).

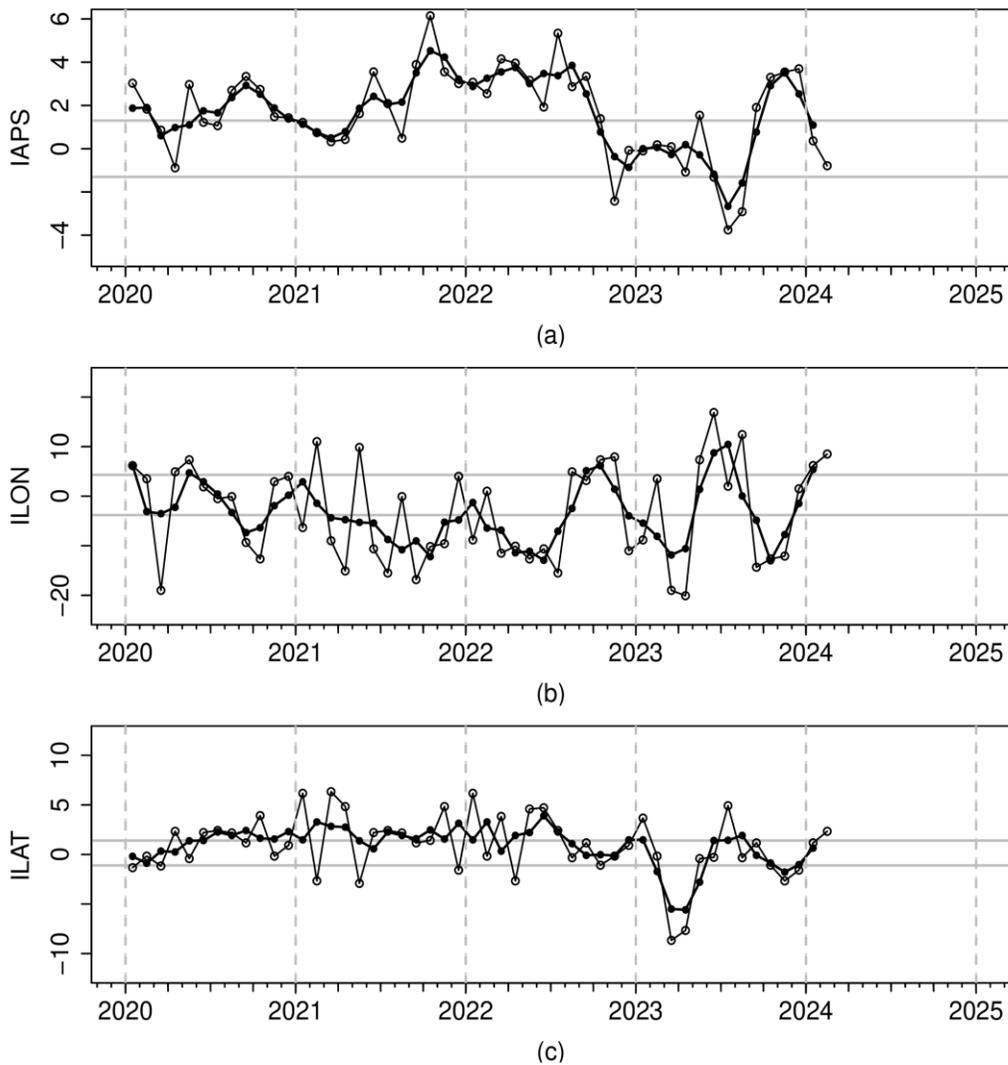


Figura 6. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2023-2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta febrero 2024 (preliminar). Climatología 1991 – 2020.

El debilitamiento del APS y del gradiente isobárico a causa de las intrusiones de la ZCPS en las tres primeras semanas de febrero favoreció el ingreso de vientos del norte con características cálidas y húmedas a lo largo de la costa. El comportamiento del APS para el mes de marzo de 2024 (1 – 12 marzo) presentó una configuración suroeste a noreste, con una mayor intensidad respecto a febrero, llegando a 1023 hPa y con una anomalía de hasta +5hPa (Figura 7). El incremento de gradiente isobárico (debido a la disminución de la actividad de la ZCPS) favoreció la evolución del APS hacia una amplificación, induciendo aumento de la intensidad de los vientos costeros y apoyando la caída de temperaturas mínimas sobre la costa.

El pronóstico del GFS indica que los vientos alisios entre el 15 al 28 de marzo reducirán el gradiente isobárico del APS (**Figura 8**) lo que a su vez puede inducir debilitamiento de vientos alisios e intrusión de vientos del norte (**Figura 9**), incrementando las condiciones cálidas de la costa.

Estas condiciones sumadas a la alta disponibilidad de humedad (agua precipitable) que se presenta en el mes puede favorecer convección, aunque la anomalía de la velocidad potencial no es favorable para la exacerbación de la atmósfera (**Figura 5**).

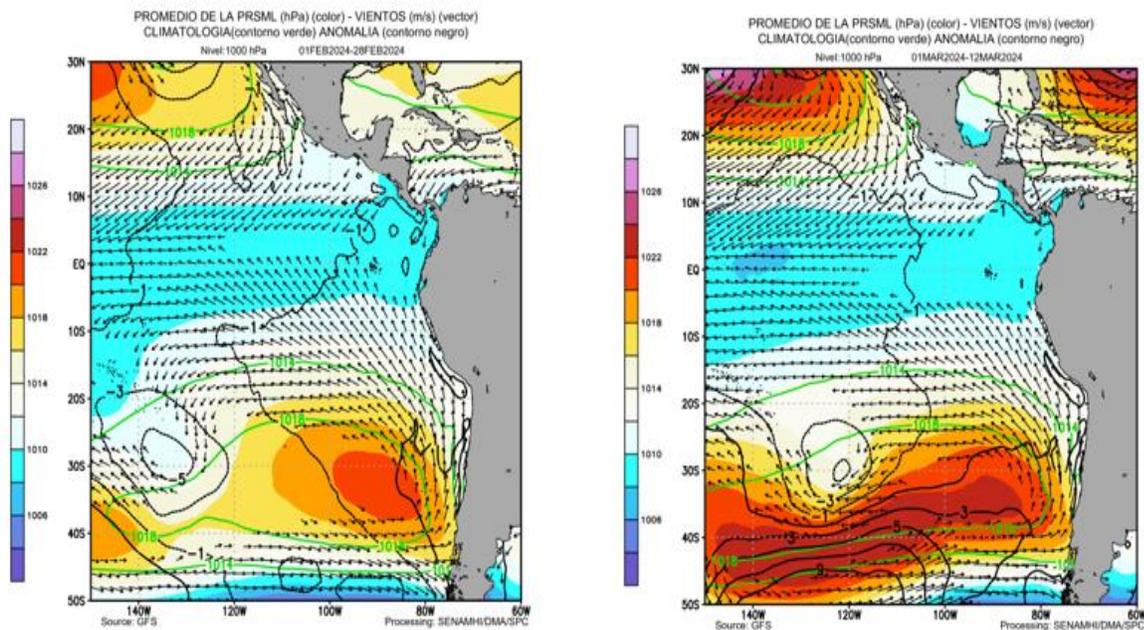


Figura7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 28 de febrero (izq.) de 2024 y 01 al 12 de marzo (der.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

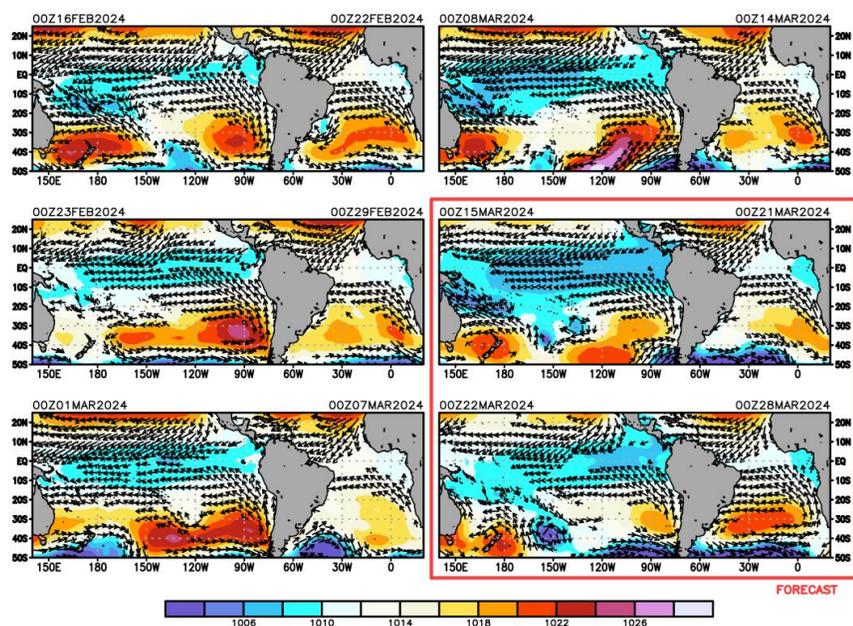


Figura8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 16 de febrero del 2024 al 14 de marzo de 2024. Pronóstico: del 15 de marzo al 28 de marzo del 2024. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

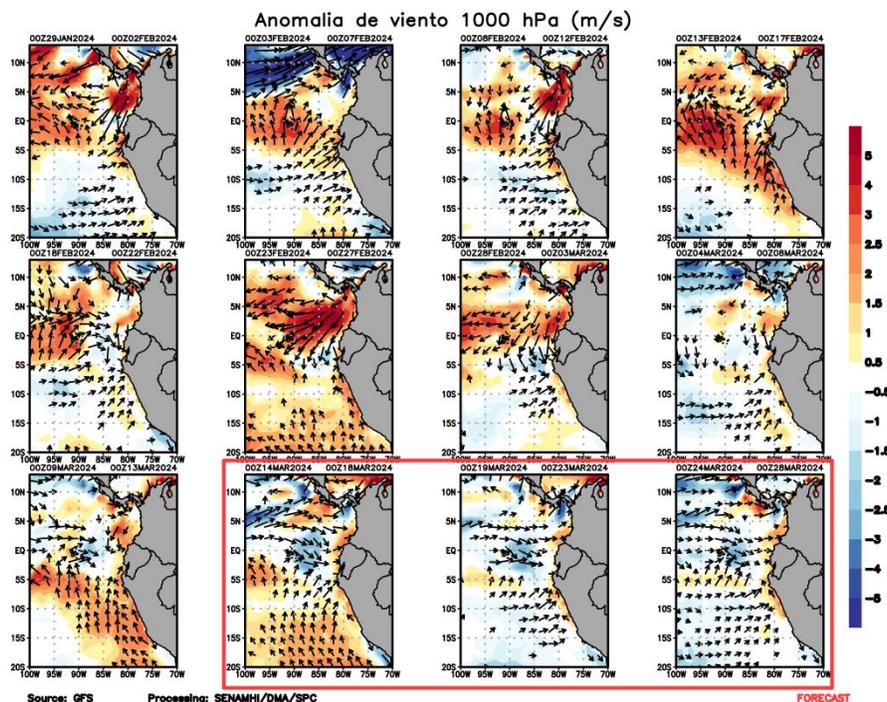


Figura9. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 29 de enero 2023 al 13 de marzo de 2024. Pronóstico: del 14 de marzo al 28 de marzo del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

En la franja ecuatorial (5°S a 5°N) frente a las costas de Sudamérica, la intensificación encima de lo normal de vientos procedentes del Golfo de Panamá contribuyó al posicionamiento de la Zona de Convergencia Inter Tropical al sur de la línea ecuatorial en la última semana de febrero (**Figura 6**). En la zona oceánica frente a Perú, predominaron vientos moderados, con velocidades (VV) promedio entre $4,1$ a $6,8$ m s^{-1} , aunque con importantes fluctuaciones, destacando los días entre el 02 y 06 de marzo, con VV débiles tanto en la zona costera, oceánica y ecuatorial (**Figura 6**). En la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron en promedio vientos moderados a fuertes ($> 6,8$ m s^{-1}), con anomalías de VV en el rango neutral a positivas ($> +1,0$ m s^{-1}), principalmente desde Paita a San Juan de Marcona, y VV en el rango neutral (entre $\pm 1,0$ m s^{-1}) de San Juan de Marcona hacia el sur, a excepción de los días entre el 02 y 06 de marzo (**Figura 7**). El afloramiento costero se mantuvo intenso entre Talara a San Juan de Marcona (> 200 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ 100 m), alternando entre periodos de anomalías positivas a negativas. De San Juan de Marcona hacia el sur, el afloramiento costero presentó anomalías negativas. El bombeo de Ekman fluctuó alrededor de su normal (**Figura 8**).

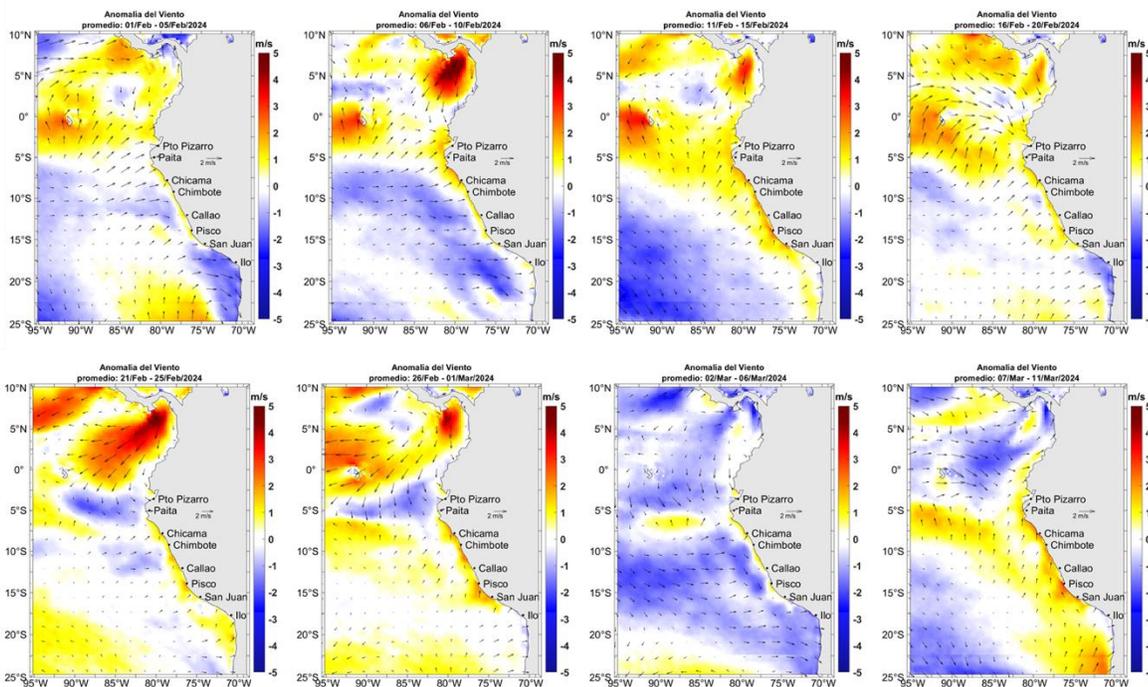
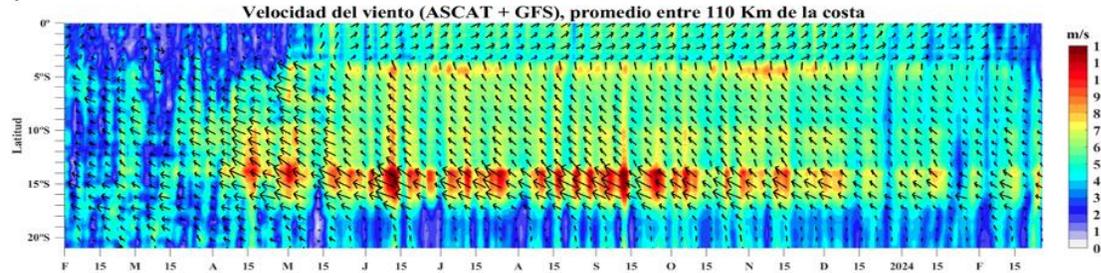


Figura 6. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (15 de enero al 11 de marzo 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

a)



b)

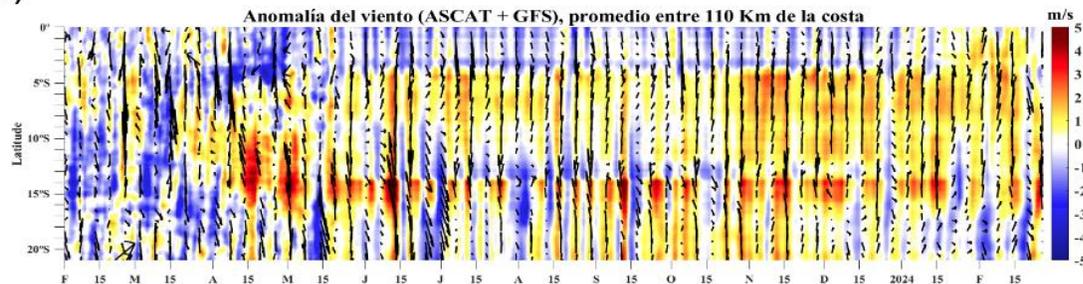


Figura 7. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalía de la velocidad del viento ($m s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 12 de marzo.

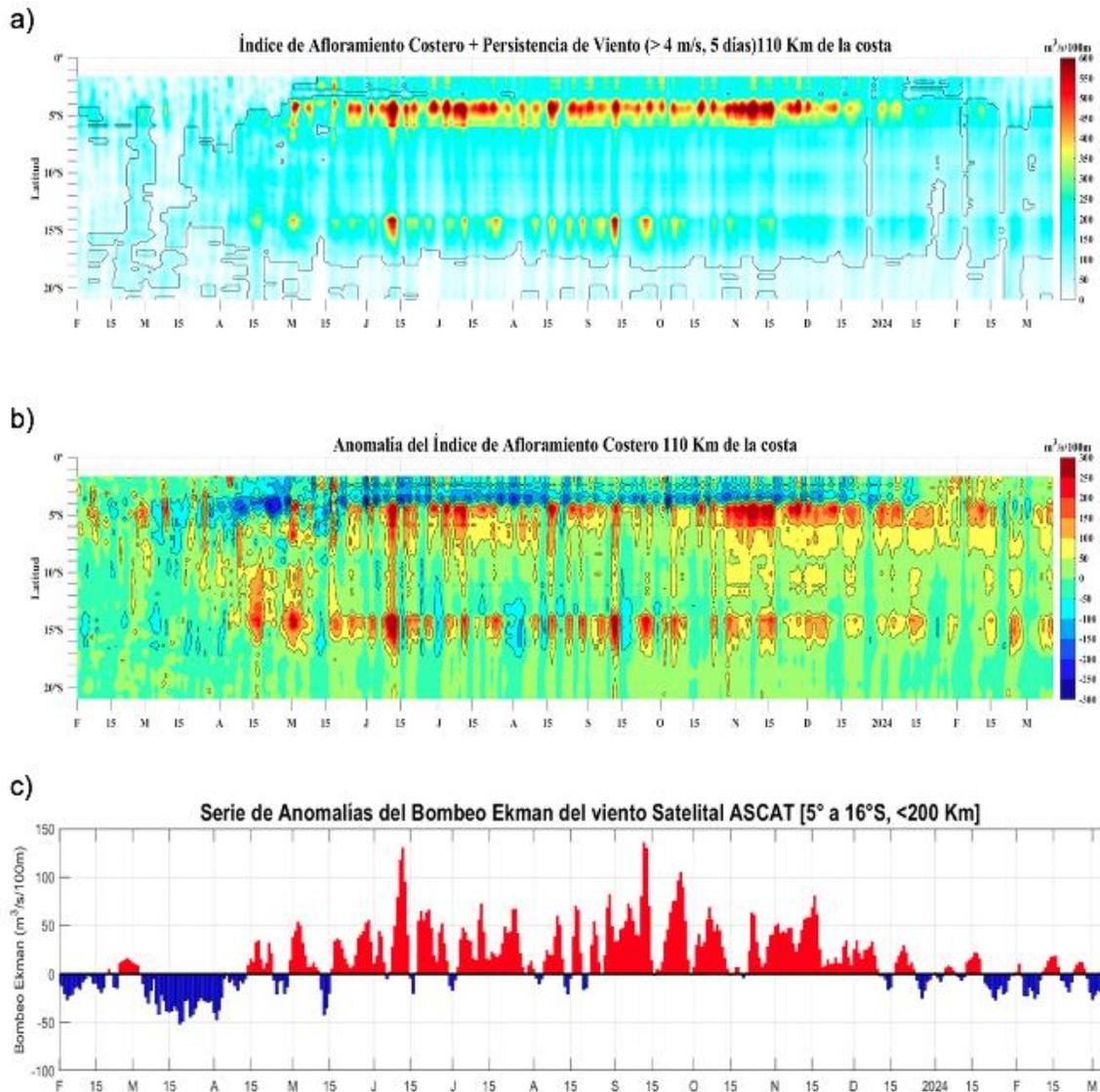


Figura 8. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($m^3 s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 12 de marzo.

En lo que va de marzo, a lo largo del litoral las temperaturas atmosféricas máxima y mínima en promedio han continuado disminuyendo en $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, en comparación al promedio del mes de febrero. Esta continua disminución de la temperatura mínima se debió principalmente al enfriamiento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) asociado a la amplificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y un aumento de advección de aire frío a lo largo de la costa; mientras que, la disminución de la temperatura máxima estuvo relacionada a la presencia de mayor cobertura nubosa. En el contexto de El Niño Costero, las anomalías medias del aire en la costa norte y central siguen por encima de sus valores normales. En cambio, la costa sur presenta temperaturas dentro de su variabilidad climática.

Las temperaturas máximas diurnas, en promedio, en la costa norte y central se mantuvieron por encima de sus valores normales, con una anomalía de +1,9 °C y +1,4 °C, respectivamente. En tanto, en la costa sur, las anomalías se presentaron dentro de su variabilidad climática de ($\pm 1,0$ °C). En cuanto a las temperaturas mínimas nocturnas, las anomalías promedio más altas se registraron en la costa central con +1,3 °C, mientras que la costa norte y sur presentaron anomalías dentro de su variabilidad climática.

Las temperaturas máximas más altas en promedio se registraron en la costa norte, específicamente en la estación Jayanca La Viña (Lambayeque), con una anomalía de +2,8 °C. En la costa central, la estación meteorológica Campo de Marte (Jesús María, Lima) registró +1,9 °C. En la costa sur, la estación Fonagro (Chincha, Ica) registró anomalías de +1,1 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, las anomalías más altas se observaron en las estaciones La Cruz (Tumbes), Huarmey (Ancash) y La Yarada (Tacna), en promedio +1,5 °C, +2,2 °C y +1,4 °C, respectivamente. **(Figura 9).**

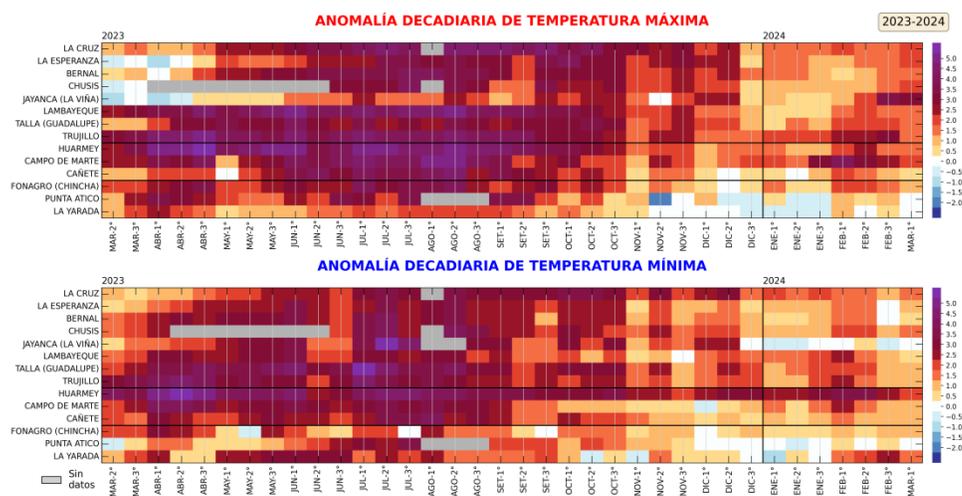


Figura 9. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano presentó un incremento frente a la costa norte y centro durante la segunda quincena de febrero de 2024, extendiéndose la isoterma de 27 °C y 28 °C hasta los 13°S y se desarrolló la de 29 °C al norte de los 05°S; mientras que durante marzo dentro de las 50 mn de costa disminuyó la temperatura debido a la intensificación de los vientos y el arribo de la onda Kelvin fría. Asimismo, estos valores de temperatura mostraron el incremento de las anomalías positivas frente a la costa norte de Perú, alcanzando núcleos con valores de +3°C, principalmente por fuera de las 100 mn de costa **(Figura 10 y Figura 11)**. En tanto, frente a la costa centro y sur disminuyó ligeramente la temperatura promedio, principalmente por dentro de las primeras 50 mn, observándose valores entre cálidos y dentro de lo normal **(Figura 10)**.

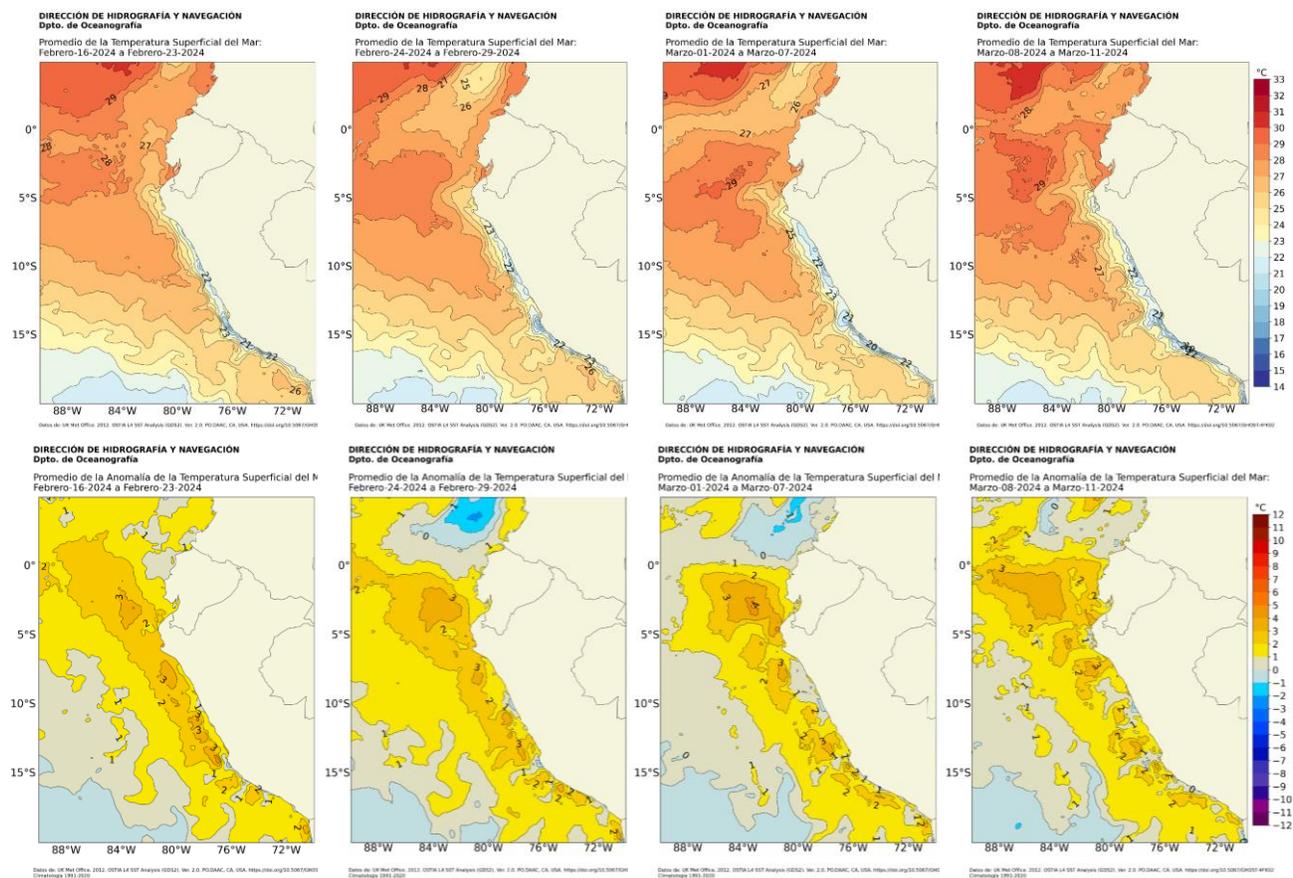


Figura 10. Distribución semanal de la a) temperatura y b) anomalía de la temperatura superficial del mar durante febrero y marzo 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

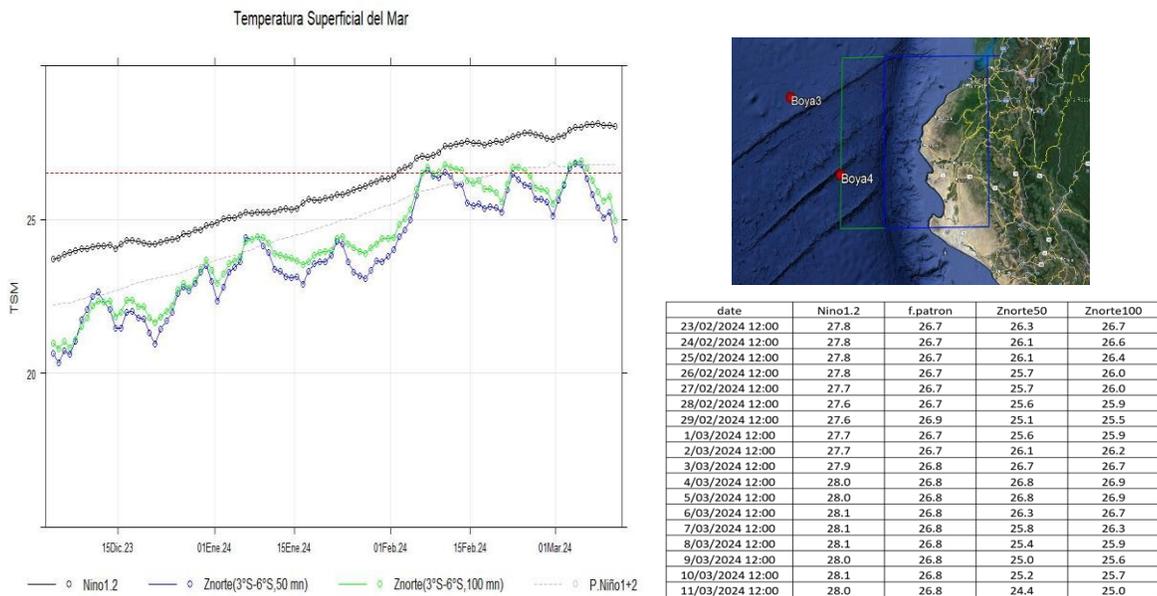


Figura 11. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde diciembre 2023 al 11 de marzo 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

A otra escala, en el litoral norte y centro de Perú, la TSM reflejó la disminución de las anomalías térmicas desde la segunda quincena de febrero 2024, alcanzando inclusive valores negativos al norte de Paita para la segunda semana de marzo; mientras que, variaron alrededor de +1 °C frente al resto del litoral. Asimismo, frente al resto de la costa predominaron anomalías cálidas superiores a +1 °C. Por otro lado, frente a zona sur se presentó una disminución a partir de inicios de marzo (**Figura 12**).

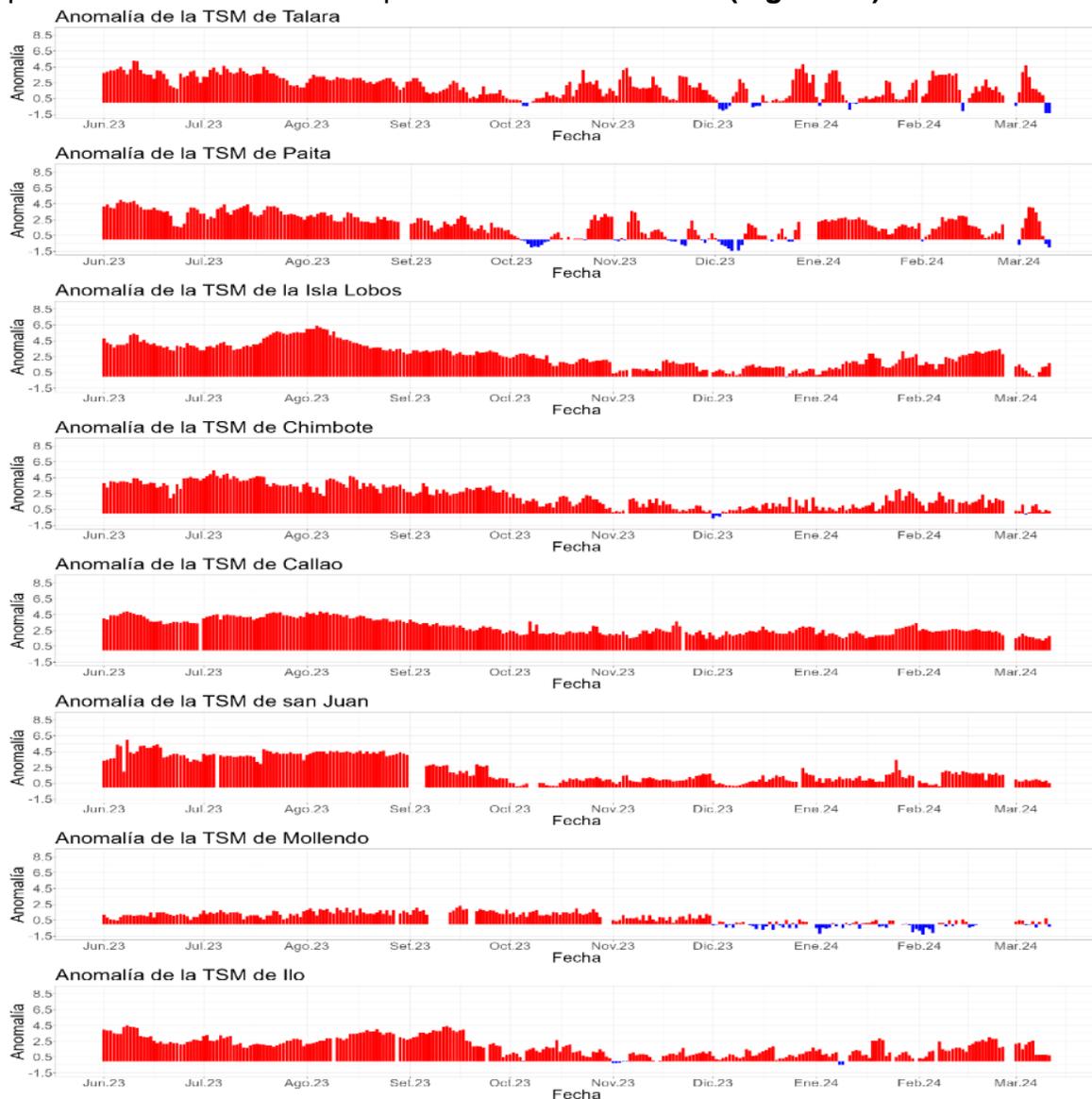


Figura 12. Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a marzo 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

La ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) iniciada el 28 de enero dentro de la franja de las 150 mn costeras (4°S – 18,5°S) mostró una reducción de su cobertura entre el 27 de febrero y el 2 de marzo, para luego mantenerse con pocas variaciones hasta el día 9, alcanzando un área de $0,92 \times 10^5 \text{ Km}^2$, lo cual equivale a un 25 % de la cobertura máxima que fue alcanzada en la segunda semana de febrero. Considerando su extensión oceánica, al 9 de marzo la OCM se distribuyó en dos núcleos: uno, centro-norte ubicado mayormente entre las 150 mn y 700 mn de distancia a costa, con incidencia dentro de las 150 mn costeras al norte de Máncora; y otro, centro-sur ubicado mayormente entre las 50 mn y 450 mn de distancia a costa (**Figura 13**).

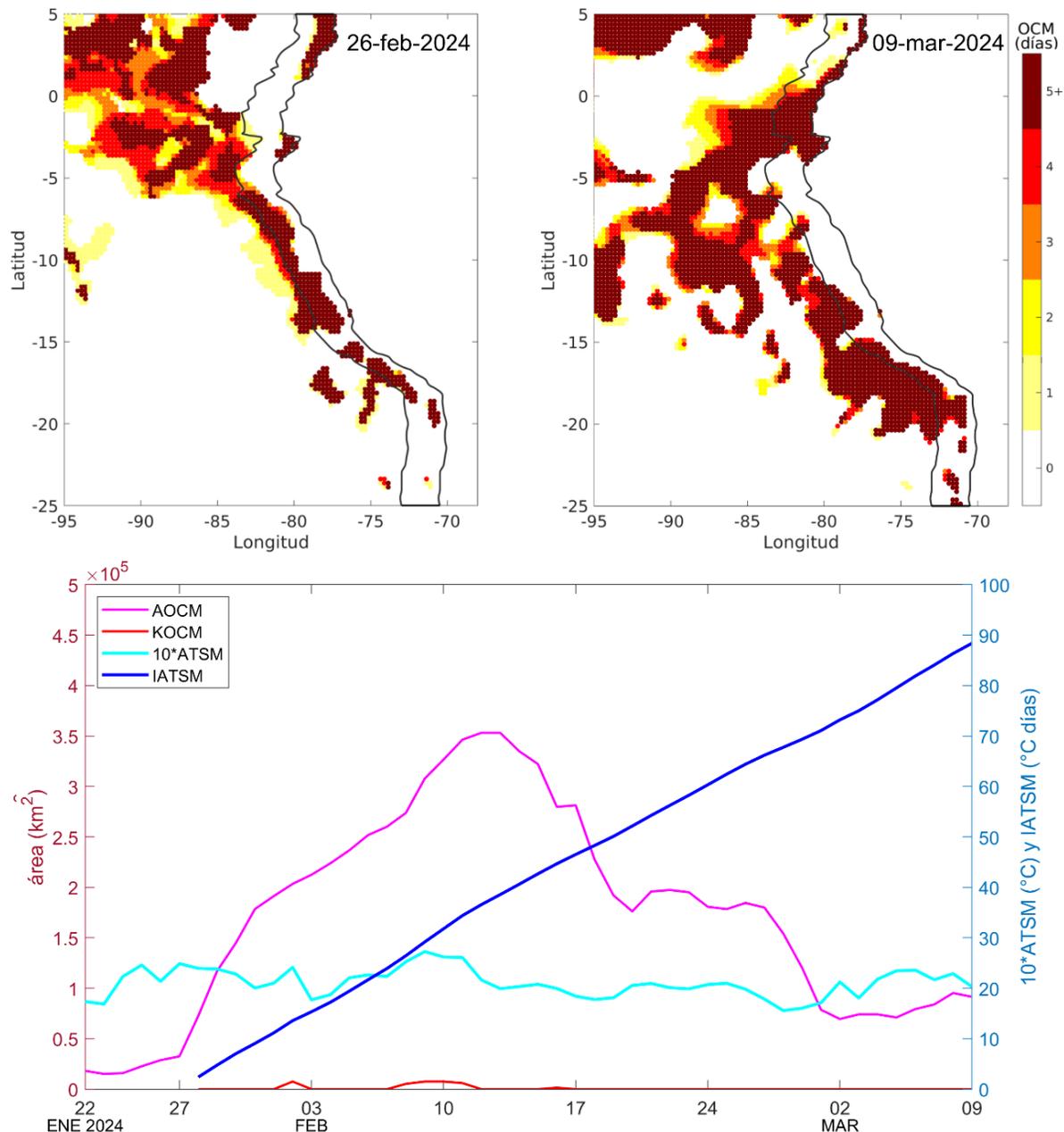


Figura 13. Distribución espacial de la ola de calor marina (OCM) entre los 2 °S y 25 °S, 70 °W y 95 °W el 26 de febrero del 2024 (a) y el 9 de marzo del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 4 °S y 18,5 °S, dentro de las 150 mn costeras: área de la extensión de la OCM (AOCM, Km^2); área de la extensión de la OCM donde la ATSM > +4 °C (KOCM, Km^2); anomalía diaria de la TSM; y anomalía acumulada (IATSM; $^{\circ}\text{C}$ días). El inicio de la OCM fue el 28 de enero del 2024 y la anomalía acumulada es de 88,38 $^{\circ}\text{C}$ días al 9 de marzo del 2024. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa entre el sector ecuatorial y el norte de Chile, presentaron una disminución abrupta en la cuarta semana de febrero e inicios de marzo, de valores en el rango de +10 a +15 cm a valores < +5 cm frente a la costa central y de -4 cm en el sector ecuatorial. Esta variación estuvo principalmente asociada al paso de la onda Kelvin fría (**Figura 14** y **Figura 15**).

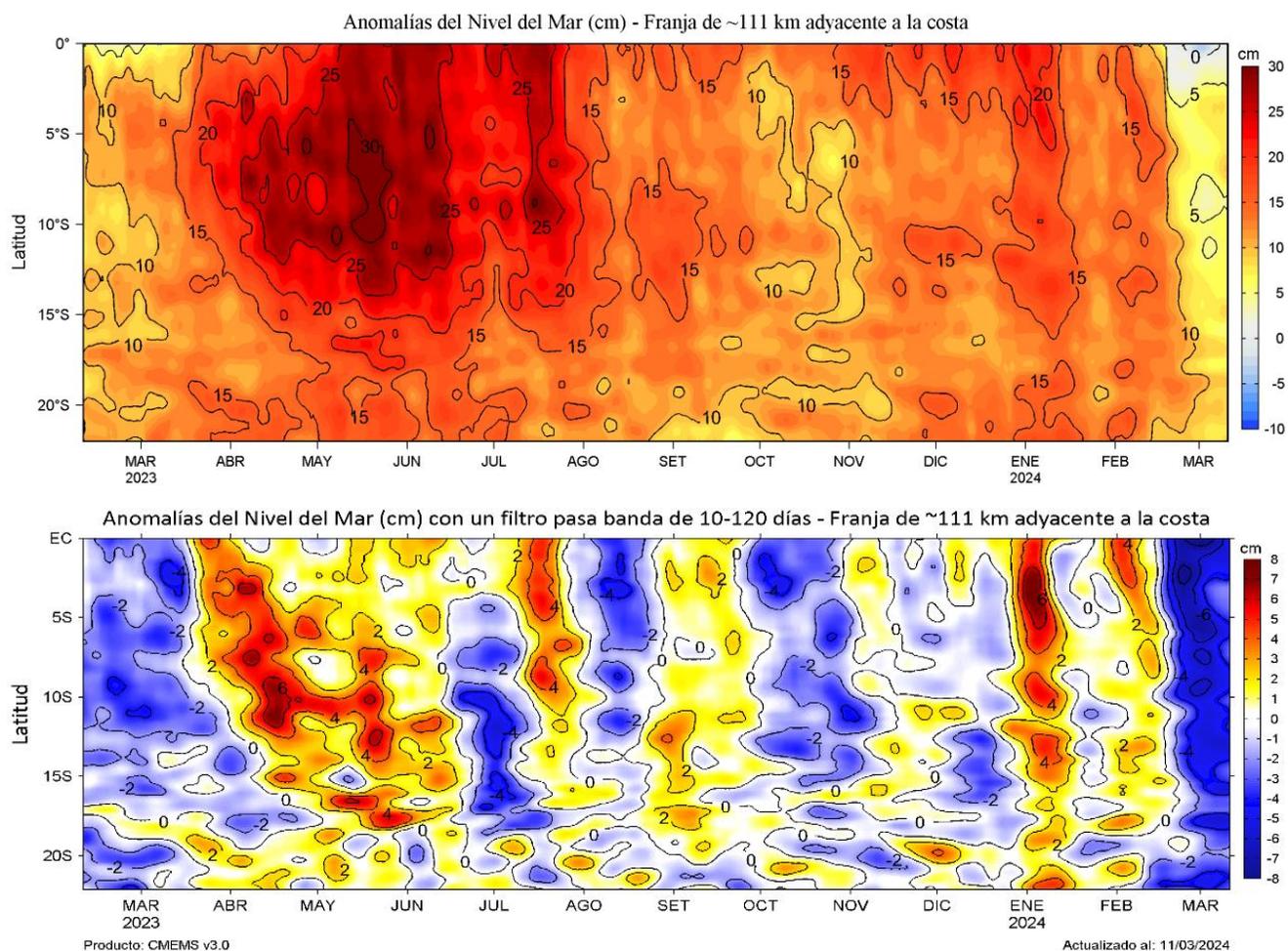


Figura 14. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 11 de marzo del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

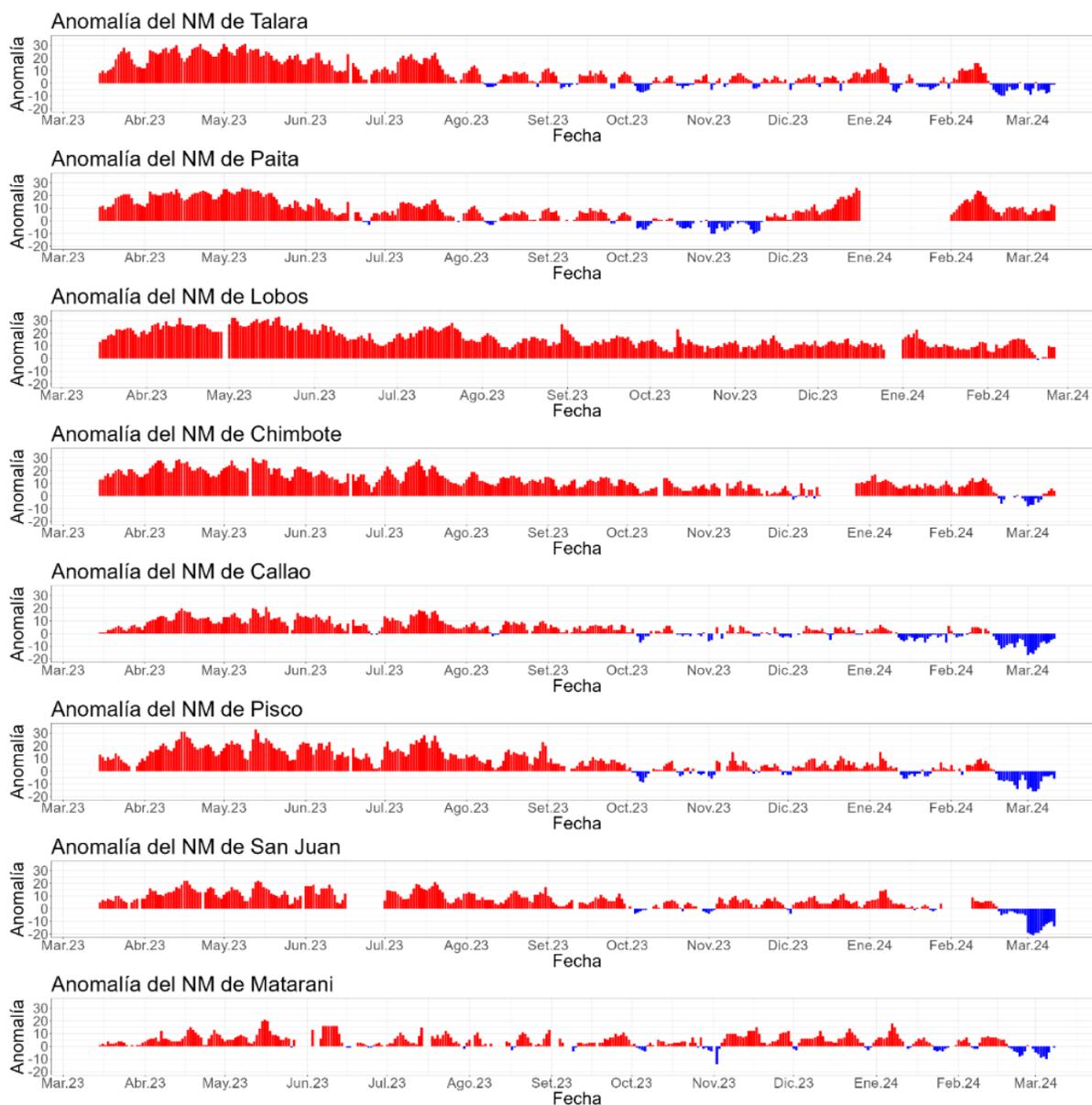


Figura 15. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de marzo 2023 a marzo 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

Se registró información *in situ* de la TSM entre la cuarta semana de febrero y el 10 de marzo dentro de las 100 mn de distancia de la costa desde Paita hasta Callao. Se presentaron valores de hasta 28 °C por fuera de las 80 mn y de 21 – 25 °C dentro de las 10 mn de Sechura a Pimentel, con ATSM que variaron en promedio entre +1 °C y + 3 °C. De Pimentel a Callao, la TSM a 80 mn varió entre 24 °C y 27 °C en promedio, mientras que dentro de las 10 mn varió entre 20 °C y 21 °C. Las ATSM variaron de valores cercanos a cero hasta + 3 °C en promedio, con los primeros ubicados principalmente entre Pacasmayo y Chimbote fuera de las 10 mn, en tanto que entre Casma y Callao se detectaron las ATSM más altas (**Figura 16**).

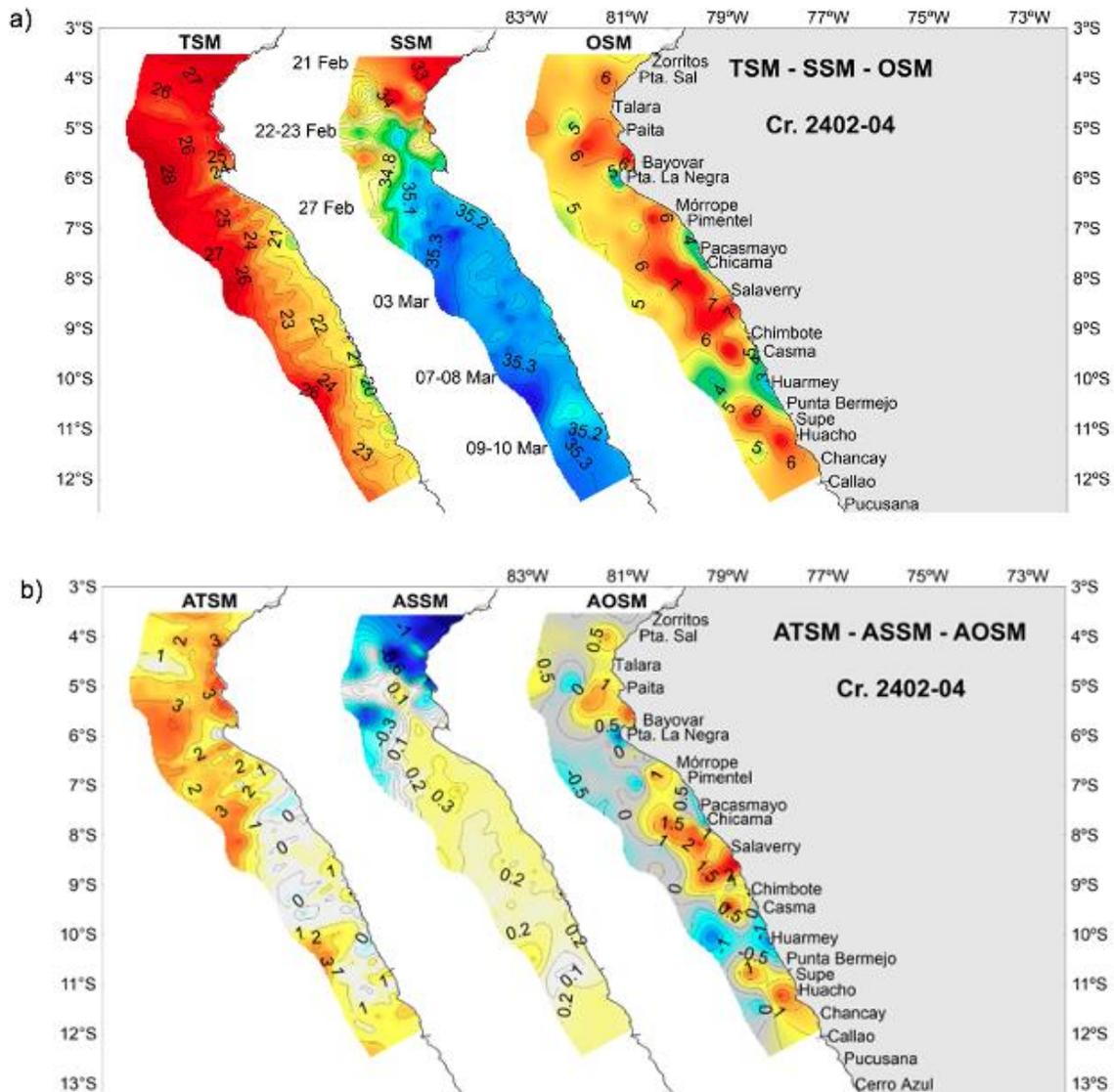


Figura 16. a) TSM (°C), SSM y OSM; b) ATSM (°C), ASSM y AOSM, registrado durante el Crucero de Pelágicos Cr. 2402 – 04, BIC Flores y EP ANDES-53. Registrado del 3 al 10 de marzo del 2024.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil trimestral de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, muestra un valor temporal actualizado de +1,36 para febrero del 2024, correspondiente a condiciones cálidas fuertes, mientras que, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelitales para la banda de 40 km adyacente a la costa, presenta un valor temporal actualizado de +1,0 para febrero, correspondiente a condiciones cálidas (**Figura 17**).

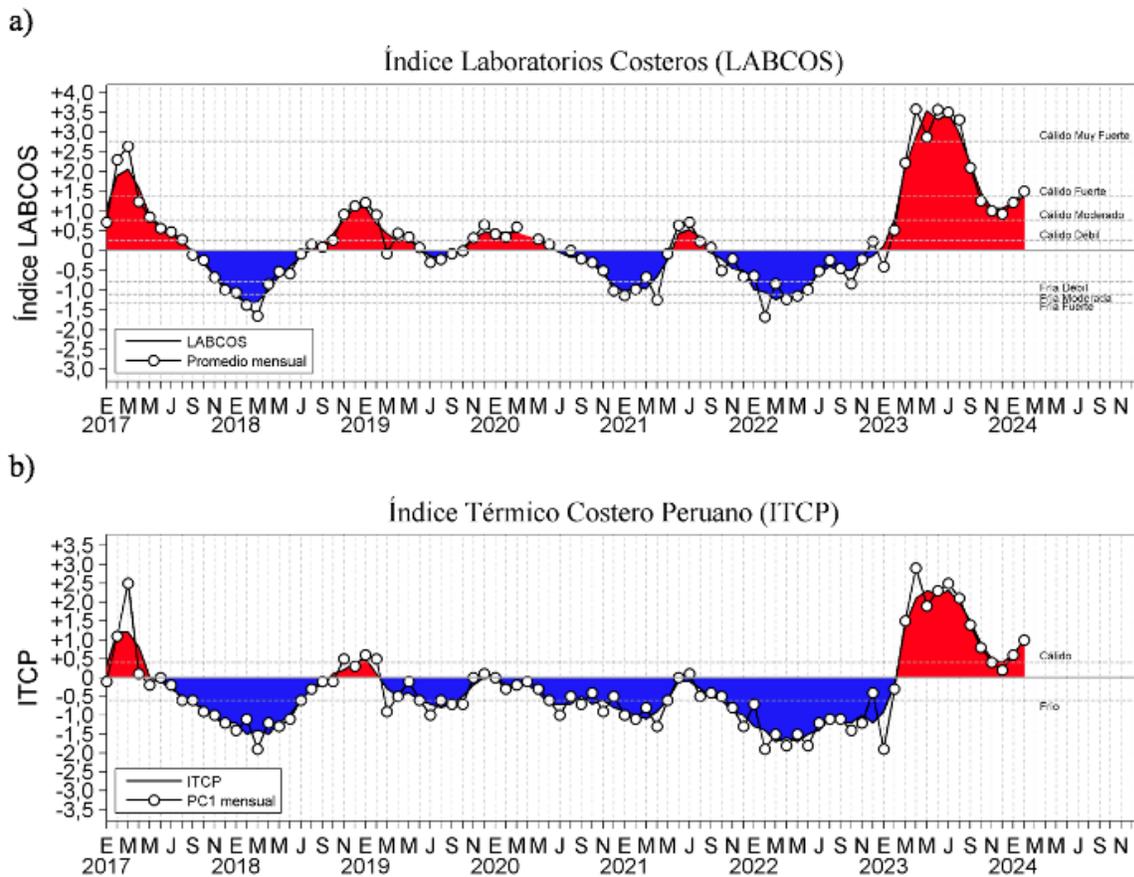


Figura 17. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2024.

Respecto a la temperatura subsuperficial, frente a Tumbes entre las 100 y 220 mn en la primera quincena de febrero se detectaron anomalías entre $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 300 m de profundidad. Entre la tercera y cuarta semana de febrero se observó un rápido ascenso de las isotermas menores a $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocasionando la aparición de anomalías térmicas negativas por debajo de los 120 m de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (250 – 400 m). En lo que va de marzo, se registró un enfriamiento de las temperaturas en la capa de los primeros 50 m principalmente, asociado al desarrollo de anomalías de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 50 m, manteniéndose una delgada capa de 30 m con anomalías positivas inferiores a $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Figura 18**). Asimismo, entre la última semana de febrero y primeros diez días de marzo, entre Puerto Pizarro y Punta Bermejo, dentro de las 100 mn frente a la costa, se detectaron anomalías negativas por debajo de los 150 m y hasta los 500 m, con núcleos de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre el talud; por sobre los 150 m las anomalías variaron entre $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en promedio (**Figura 19 y Figura 20**). La profundidad de la termoclina frente a Paita y Chicama se redujo respecto a lo observado en enero, aunque aún se observa por debajo de su climatología. Este cambio en la estructura vertical térmica está asociado al arribo de la onda Kelvin fría (**Figura 21**).

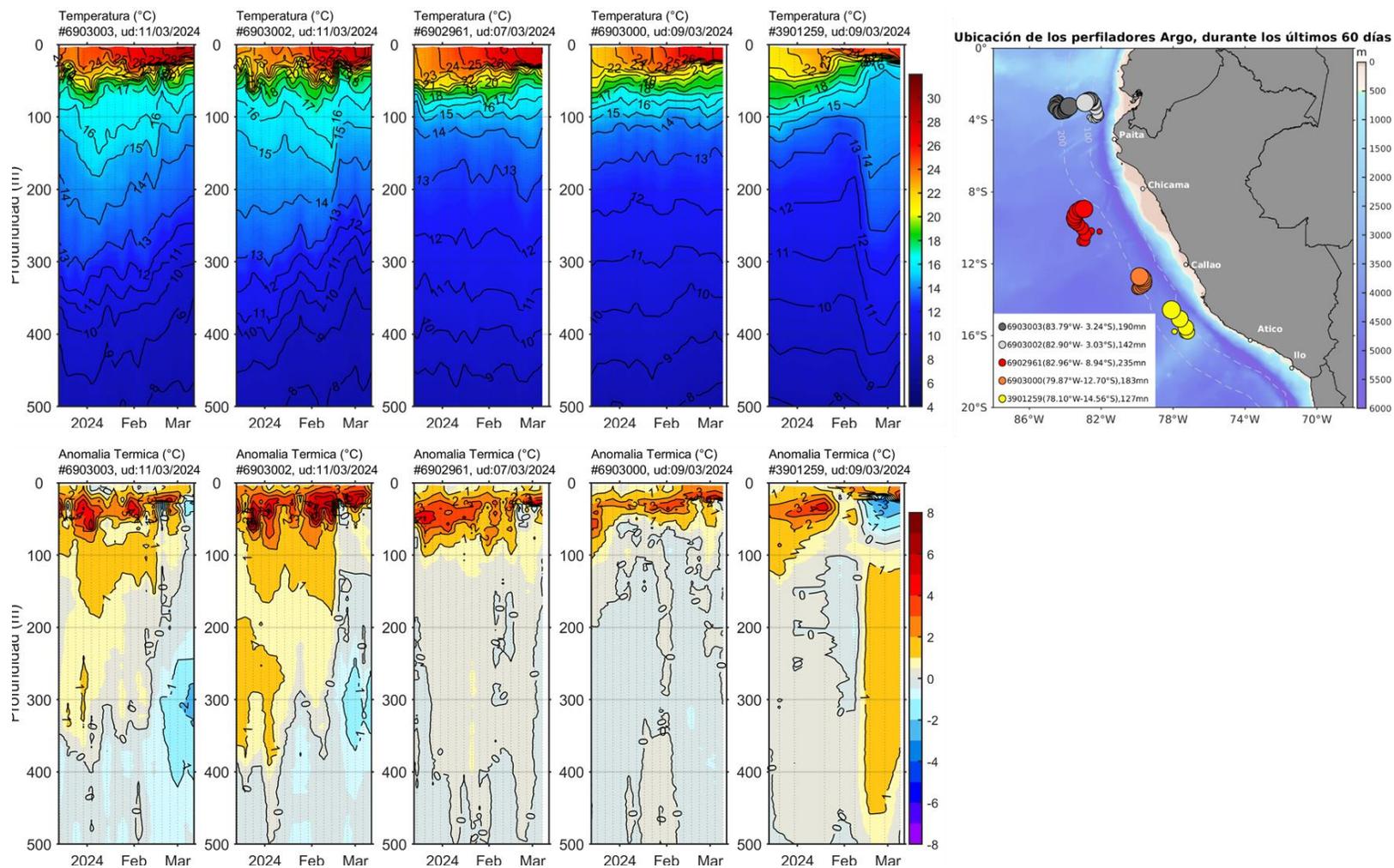


Figura 18. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (marzo 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

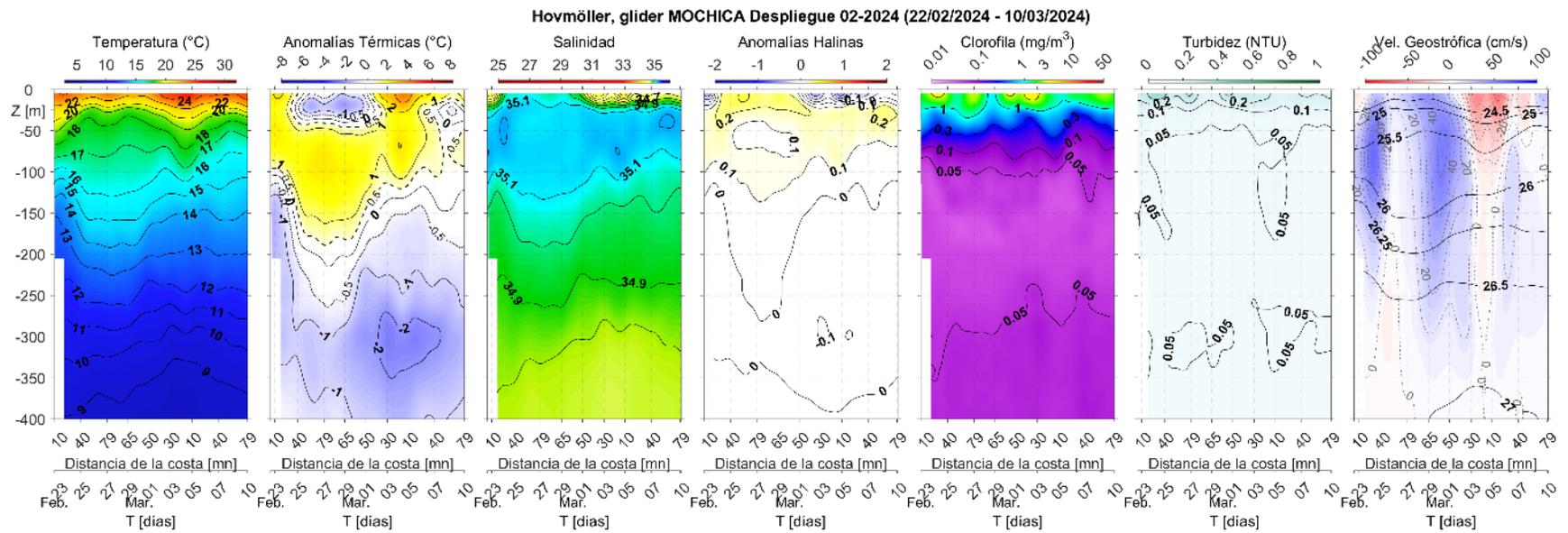


Figura 19. Sección vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L^{-1}), clorofila (mg m^{-3}) y turbidez (NTU); así como, (b) corrientes marinas (cm s^{-1}) integradas del glider Mochica en su recorrido frente a Negritos – Talara, registrados del 22 de febrero al 10 de marzo.

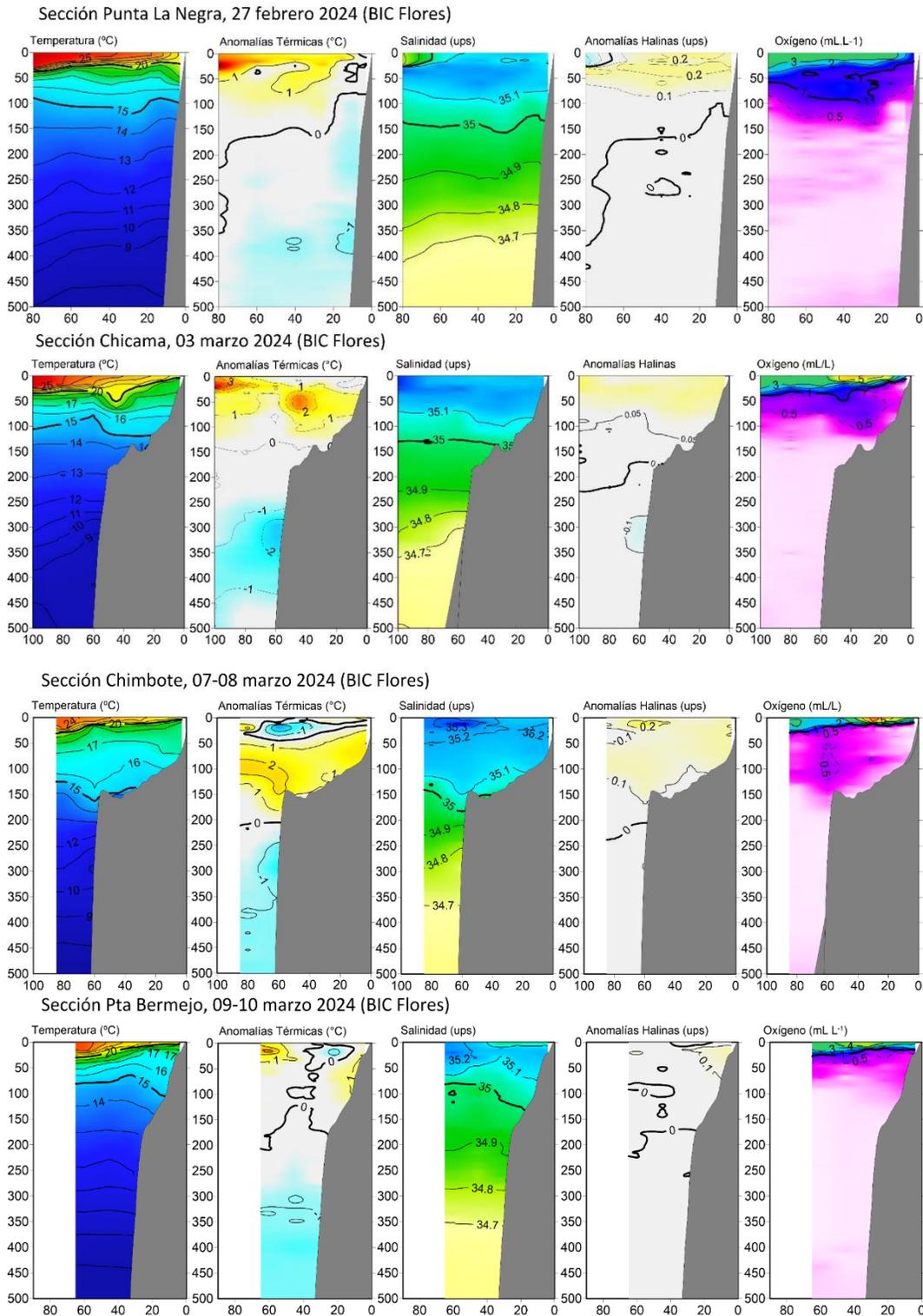


Figura 20. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Punta La Negra, Chicama, Chimbote y Punta Bermejo, dentro de las 100 mn, entre el 27 de febrero y 10 de marzo 2024. Climatología: 1991-2020 (Dominguez et al., 2023)

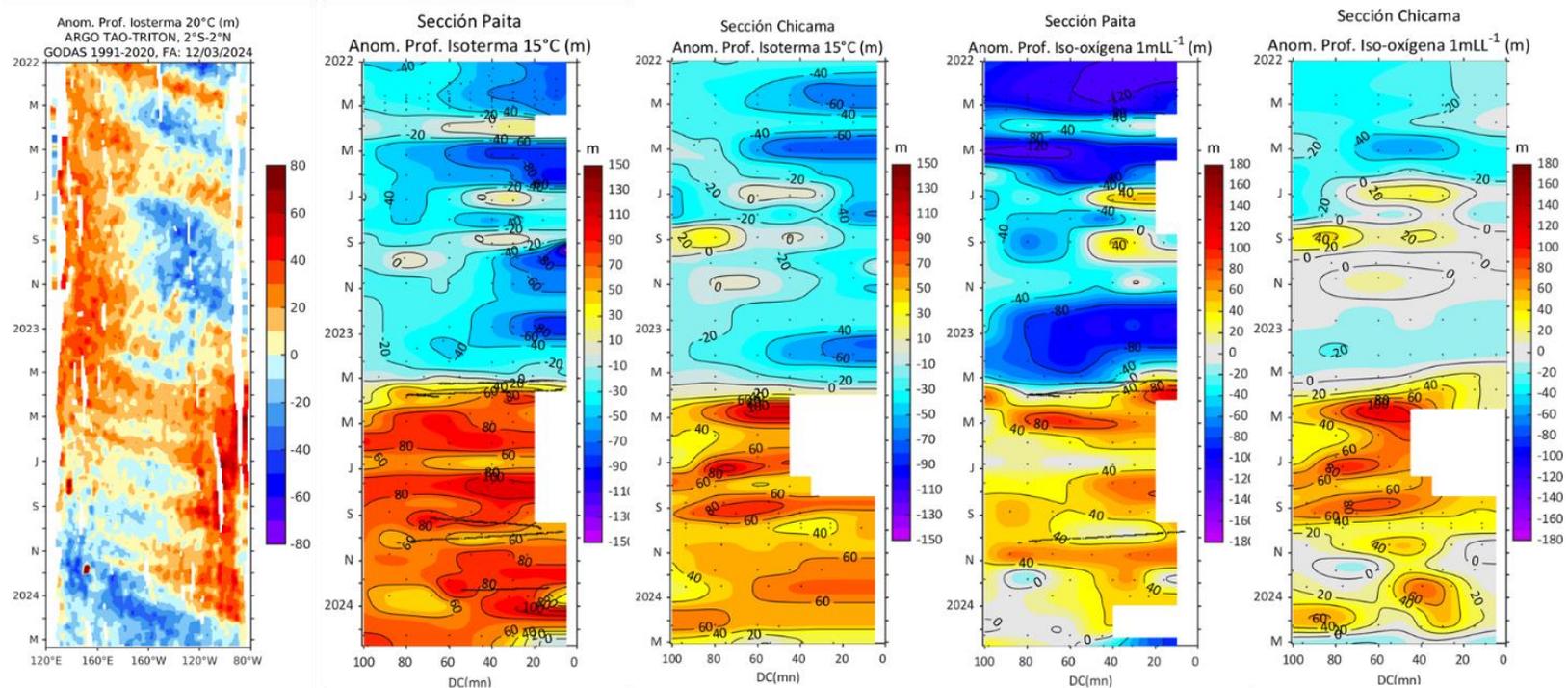


Figura 21. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base al monitoreo mensual realizado por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura continuó incrementándose durante la segunda quincena de febrero 2024 y se desarrolló la isoterma de 28 °C, aumentando las temperaturas cálidas; sin embargo, desde inicios de marzo se viene presentando una disminución térmica que se relaciona con la presencia de flujos de corriente marina zonal hacia el oeste y meridional hacia el sur, posiblemente influenciado a los vientos y repliegues de las AES (**Figura 22**).

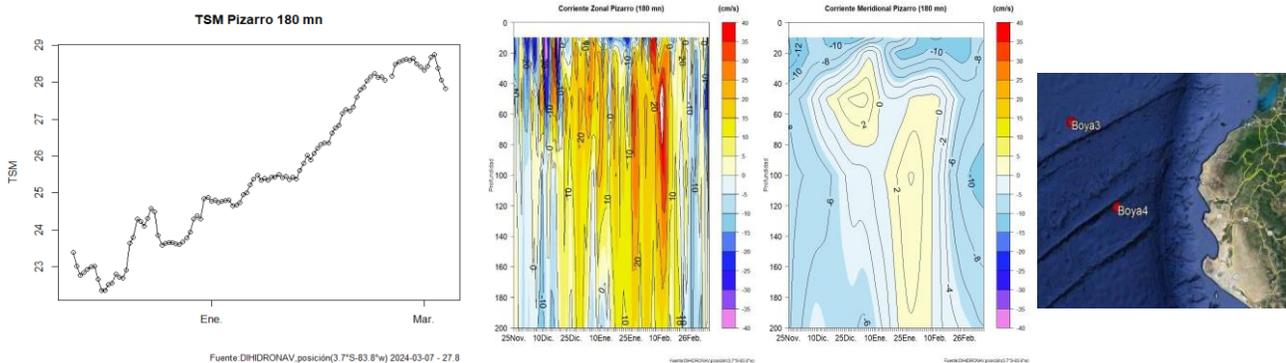


Figura 22. a) Serie de temperatura superficial del mar, corriente zonal y corriente meridional para la boya NAYLAMP 3 (a 180mn de Puerto Pizarro). Periodo: 29 de noviembre 2023 a 07 de marzo 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica una disminución de la temperatura hasta el 20 de marzo sobre los primeros 60m de profundidad, esperándose 22 °C en superficie y elevándose las isotermas sobre los 100m, desarrollando valores alrededor de lo normal en toda la columna de agua (**Figura 23a**). Por otro lado, a 100 millas la temperatura disminuiría sobre los 50m, pero manteniendo anomalías entre 2 °C y 1 °C cerca de superficie (**Figura 23b**). Asimismo, frente a la costa centro, también se espera este mismo comportamiento y una temperatura superficial de 20°C, disminuyendo en 1 °C a 30 mn de Chicama sobre los primeros 20m y manteniendo anomalía cálida (**Figura 23c**); mientras que, sobre los 50m a 40 mn de Chimbote y Callao también disminuiría, esperándose anomalías negativas inclusive (**Figura 23y Figura 23e**).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), de acuerdo al modelo MERCATOR (**Figura 24**) durante marzo, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS, $S < 33,8$) se mantuvieron al norte de Punta Sal solo en la zona costera, mientras que en la zona oceánica estuvieron replegadas al norte del Golfo de Guayaquil. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se presentaron frente a Negritos y hasta Bayóvar (Figura 16 y Figura 19), con una amplia distribución en la zona oceánica, siendo detectadas a 190 mn frente a Tumbes, en la capa sobre los 25 m (Figura 19 y Figura 25).

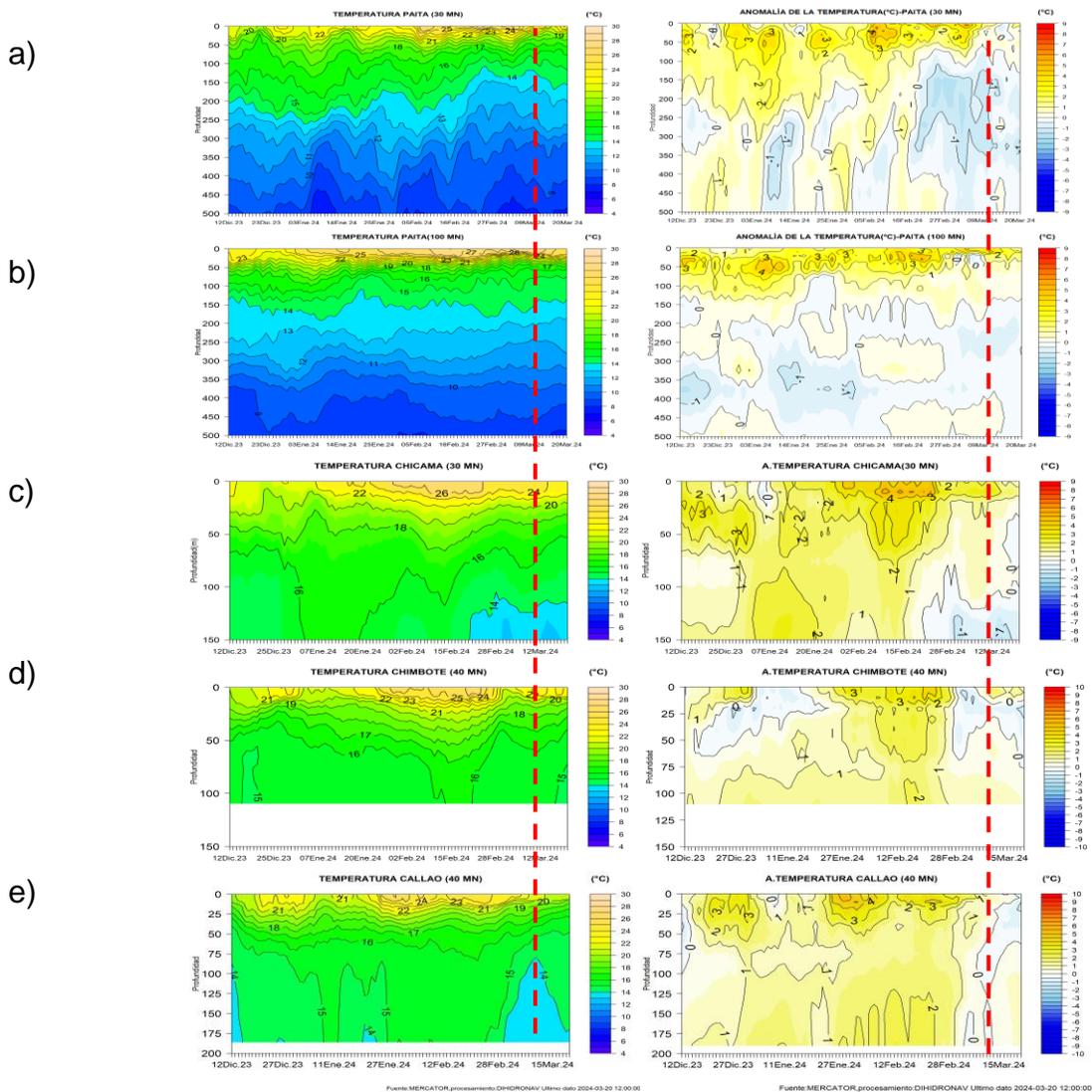


Figura 23. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paíta (30 mn), b) Paíta (100 mn), c) Chicama (30mn), d) Chimbote (40mn) y e) Callao (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

De Punta La Negra hasta Callao, predominaron las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hasta al menos los 100 m de profundidad, con valores superiores a 35,3 a ~40 mn de Pimentel, Casma y Huacho-Callao (Figura 16), aunque, el modelo MERCATOR sugiere una proyección hasta Pisco (Figura 24).

Al sur, ocurrieron aguas de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) hasta Atico, aunque con una mayor influencia de las ACF al sur de San Juan de Marcona, de acuerdo con MERCATOR (Figura 24).

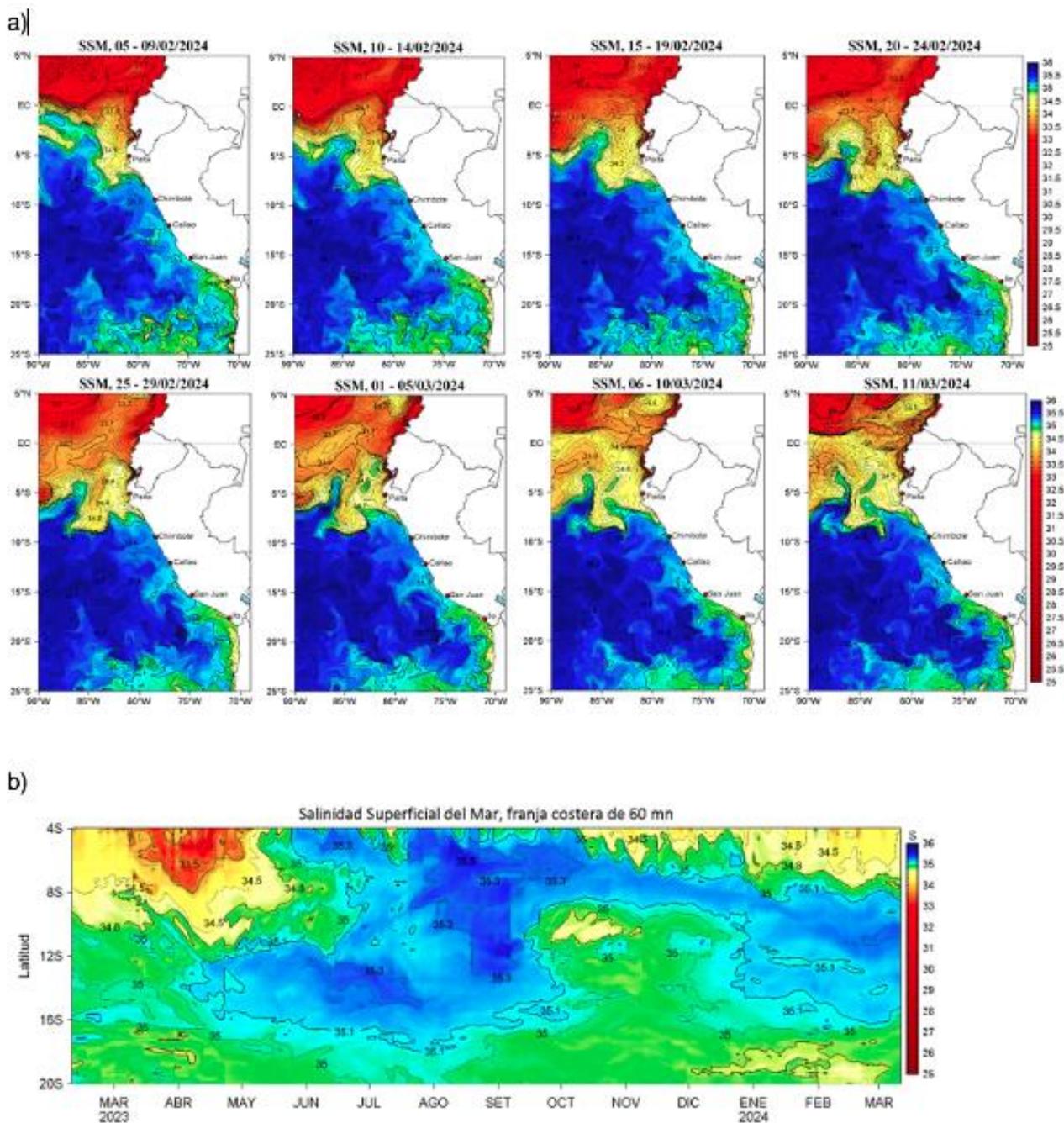
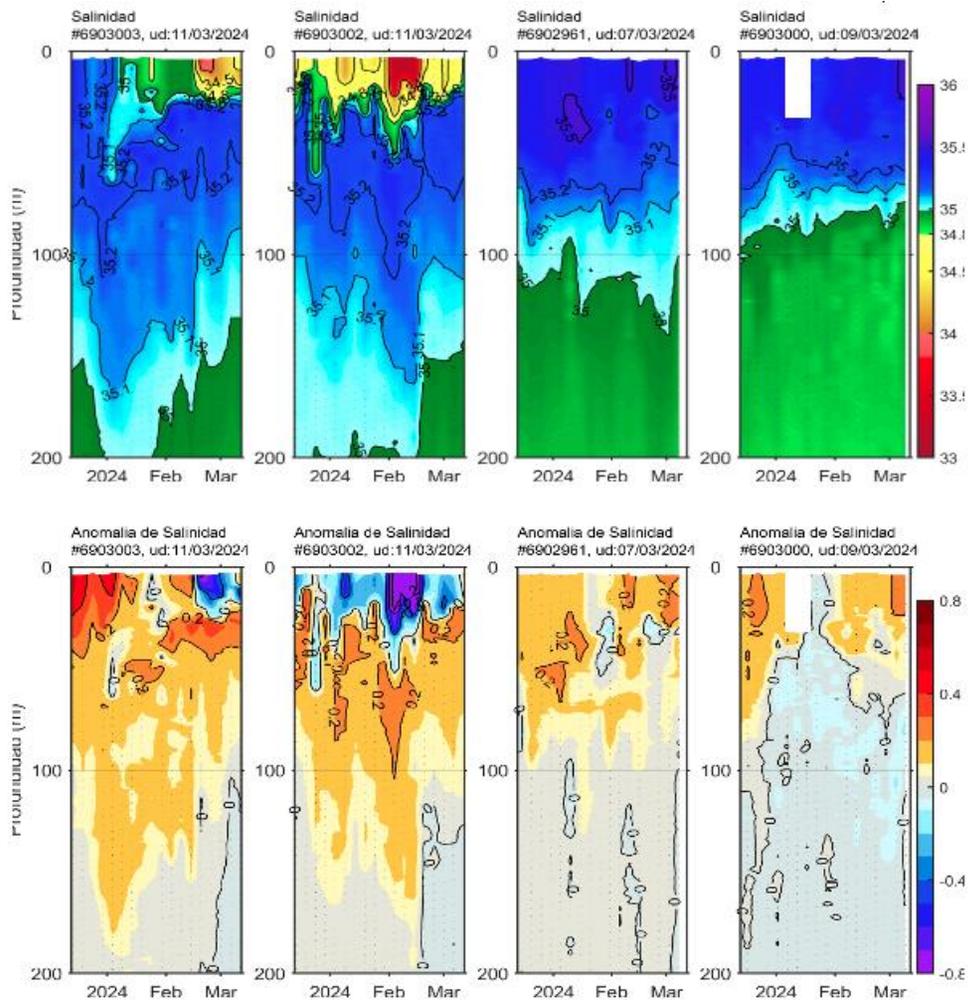


Figura 24. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 05 de febrero y 11 de marzo 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 11 de marzo 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/M/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



Ubicación de los perfiladores Argo, durante los últimos 60 días

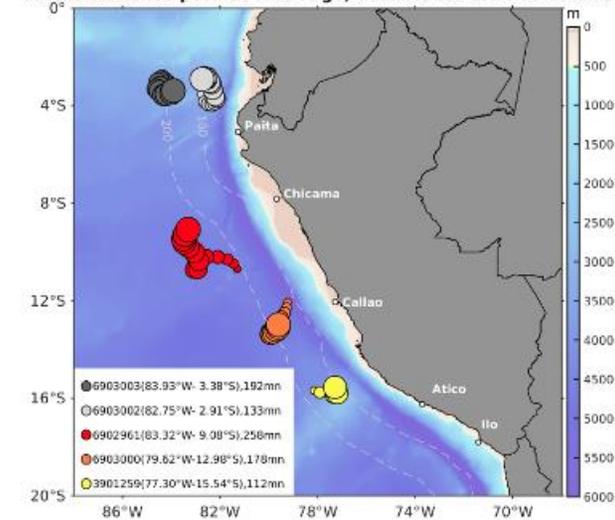


Figura 25. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

Según el modelo MERCATOR, el pronóstico de salinidad a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paíta) indica una reducción del alcance vertical de las AES, esperándose una capa de 15 m en superficie para el 20 de marzo, asimismo también disminuiría la predominancia de las ASS por debajo de esta capa hasta los 100 m (Figura 26a). Por otro lado, en la superficie se extienden de forma oceánica las AES hasta los 07°S y por dentro de las primeras 50 mn hasta los 08.5°S, esperándose un repliegue de las AES cerca de costa a los 07°S así como una disminución de la salinidad entre 50 mn y 100 mn de costa, posiblemente por la disminución de su alcance vertical. Por otro lado, se espera que las ATS se mantengan cerca de costa al norte de los 04°S y que las ASS se acerquen a la costa al sur de los 08°S (**Figura 26**).

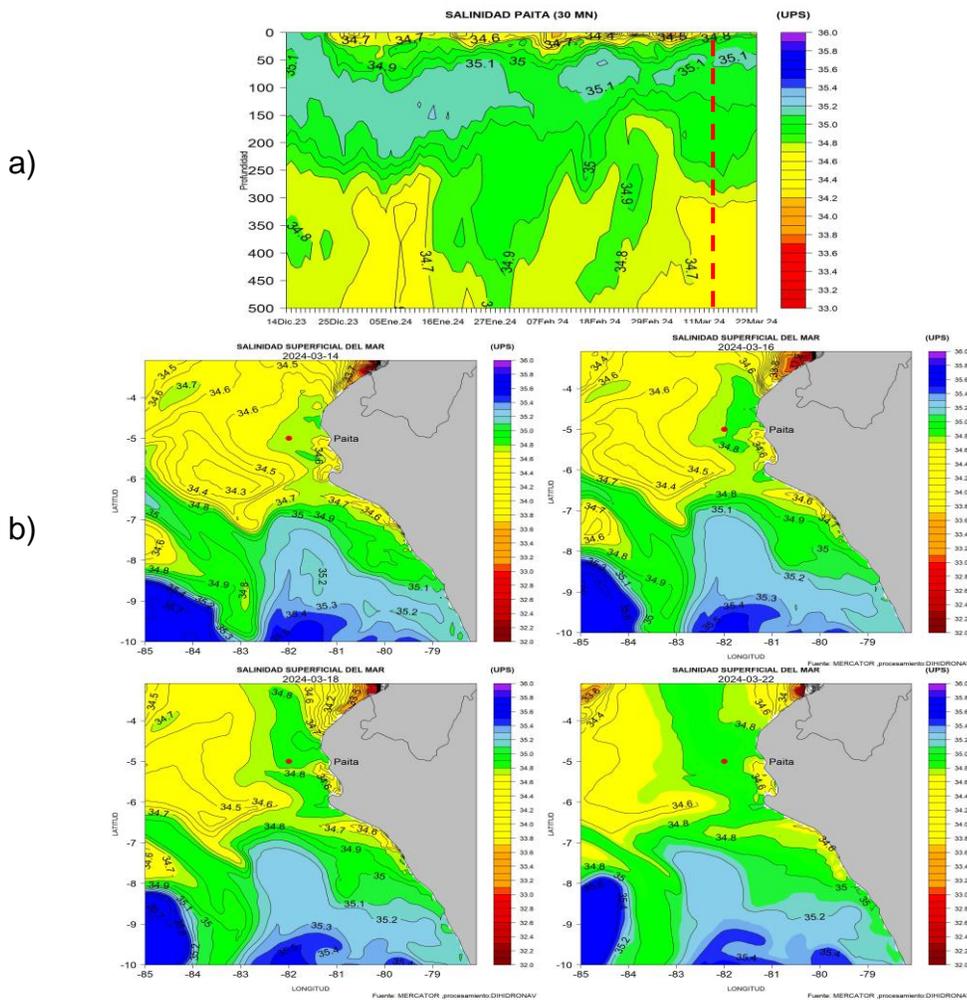


Figura 26. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500m de profundidad frente Paíta (30 mn), y b) espacial frente a la costa norte y centro para los días 14, 15 y 20 de marzo 2024 en base al 10 de marzo. Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

Respecto al oxígeno disuelto (OD), entre fines de febrero y las dos primeras semanas de marzo, la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} , considerada como indicador de la oxiclina, fue detectada a 20 – 80 m frente a Punta Aguja, entre los 10 m a 50 m frente a Chicama y a 25 m de profundidad frente a Chimbote y a Punta Bermejo, dentro de las 100 mn. Asimismo, el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se ubicó por debajo de los 140 m frente a Chicama, mientras que, frente a Chimbote y a Punta Bermejo, se encontró a unos 10 a 30 m de profundidad. En enero, la profundidad de la oxiclina se redujo frente a Paita y a Chicama, alcanzando una posición más somera que su climatología (**Figura 21**). Por otro lado, se registraron algunos núcleos de $7,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar, asociados a eventos de alta actividad fotosintética (**Figura 20**).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio concentraciones de 3 a $10 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 50 mn a lo largo de la costa en febrero, con un núcleo de $20 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Chicama y Chimbote. En lo que va de marzo, estas concentraciones aumentaron, predominando valores de 10 a $20 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn, entre San José y Pisco, mientras que, en el resto de la costa predominaron valores de $3 \mu\text{g L}^{-1}$. Las anomalías positivas de +1 a $+12 \mu\text{g L}^{-1}$ que predominaron en febrero a lo largo de la costa dentro de las 40 mn, se extendieron hasta las 60 mn en marzo, presentando mayores valores entre San José y Pisco ($>+12 \mu\text{g L}^{-1}$) (**Figura 27**). El aumento de la producción fitoplanctónica por encima de su patrón histórico (**Figura 28**) sería consecuencia del paso de la onda Kelvin fría que llegó entre fines de febrero e inicios de marzo, la cual habría superficializado la nutriclina, aunado a una mayor insolación debido a la menor nubosidad frente a la costa en este período.

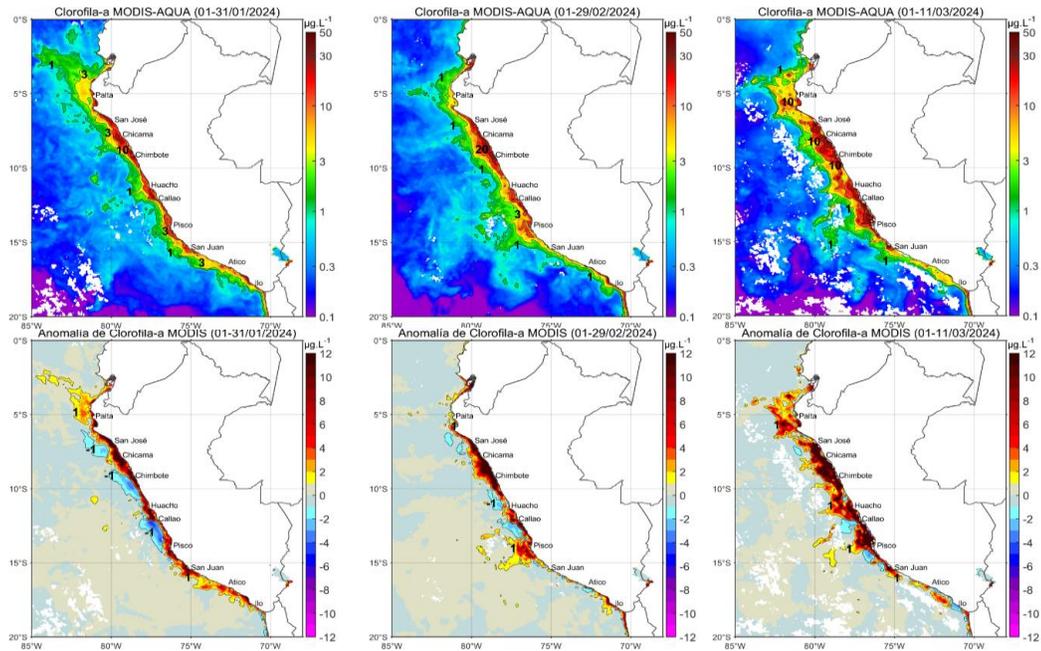


Figura 27. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, diciembre 2023, enero y lo que va de marzo de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

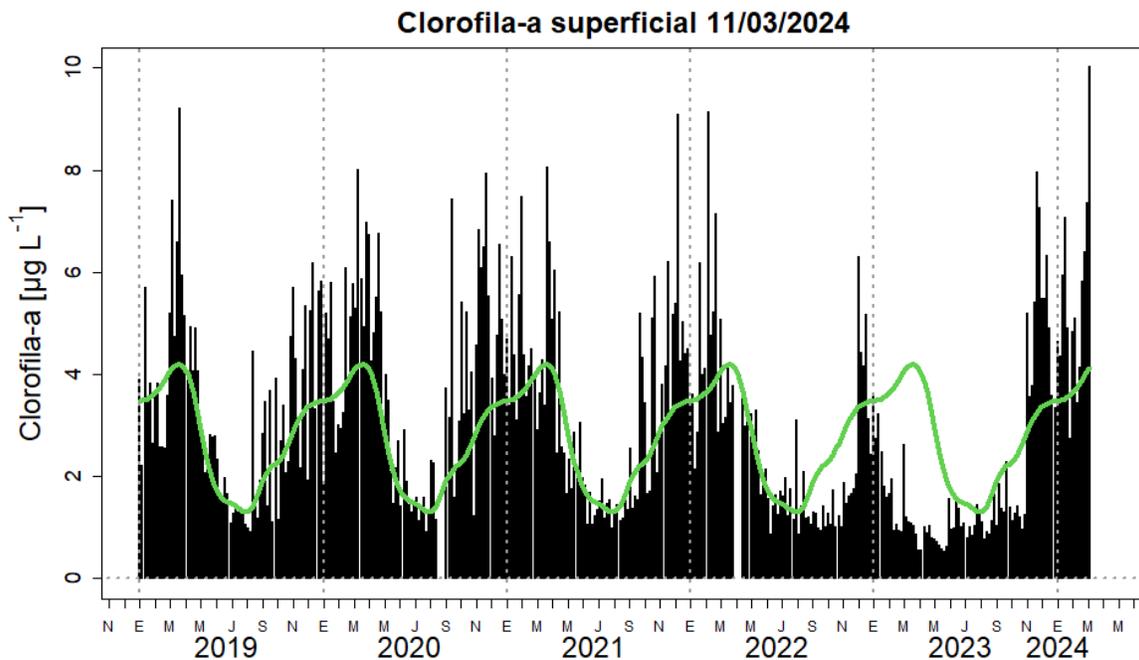


Figura 28. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro al 29 de febrero, Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), mantuvieron valores por debajo de su patrón, evidenciando que aún continúa la disminución de

los procesos de maduración gonadal y desove (**Figura 29**). La pesca artesanal dirigida a la anchoveta se registró en la zona costera dentro de las 10 mn frente a la bahía de Sechura y dentro de las 5 mn frente a Pisco (**Figura 30**).

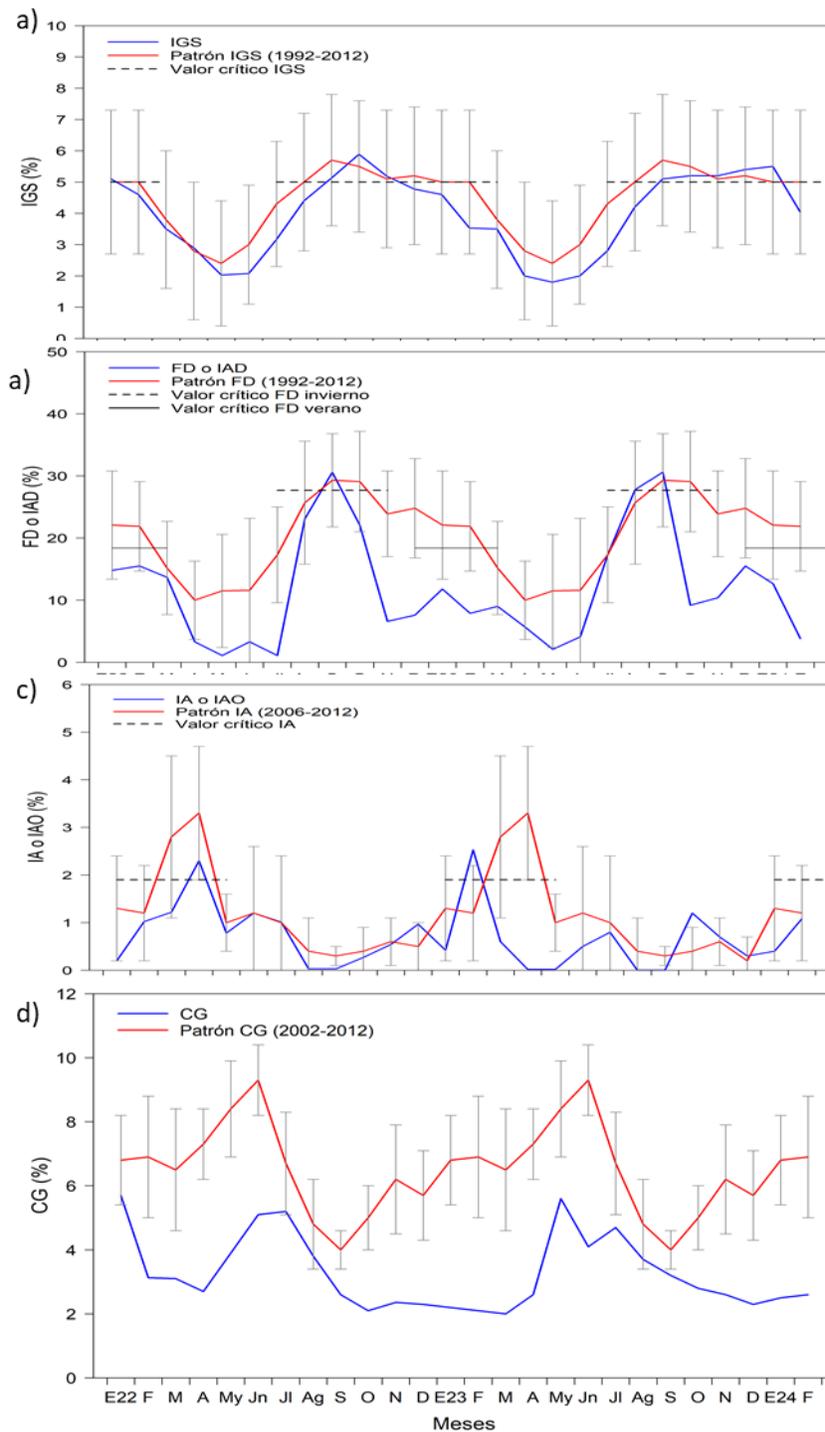


Figura 29. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia de la anchoveta e indicador somático d) Contenido graso. Periodo enero 2022 a febrero 2024.

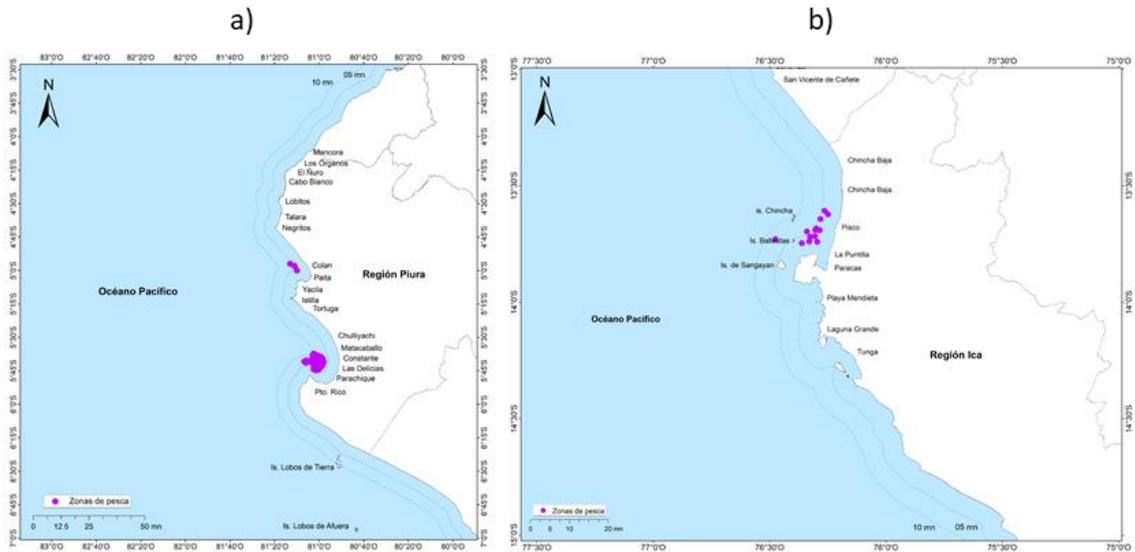


Figura 30. Distribución de anchoveta proveniente de la flota artesanal de las regiones a) Piura y b) Ica durante el 01 - 07 marzo de 2024.

En el caso de las especies transzonales y oceánicas, jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus peruanus*), bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), perico (*Coryphaena hippurus*) y sierra (*Scomberomorus sierra*) en febrero y primeros días de marzo han mantenido similar distribución (**Figura 31**).

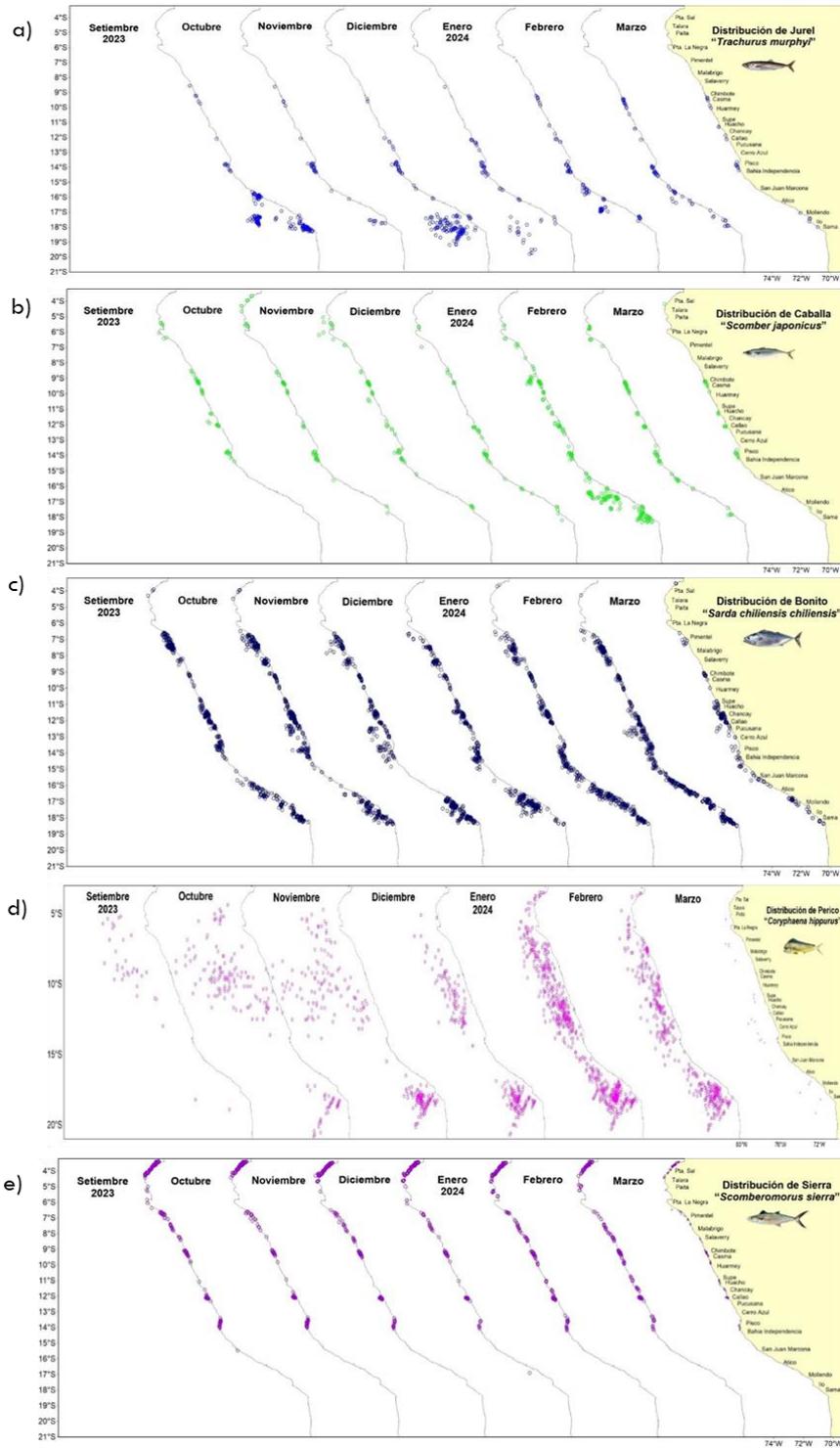


Figura 31. Distribución de recursos transzonales a) jurel, b) caballa, c) bonito, oceánico d) perico y norteño e) sierra durante setiembre 2023 – 07 marzo 2024.

Respecto a la merluza (*Merluccius gayi peruanus*), del 01 al 11 de marzo 2024, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta el norte de Paita. Los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron entre los 4,5°S y 5,5°S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en dicha área (**Figura 32**). No obstante, los valores de la CPUE para lo que va del mes de marzo, son menores a los registrados en febrero y enero (**Figura 33**). Además, se mantuvo la presencia de ejemplares de menor tamaño desde el extremo norte hasta los 5° S (**Figura 34**).

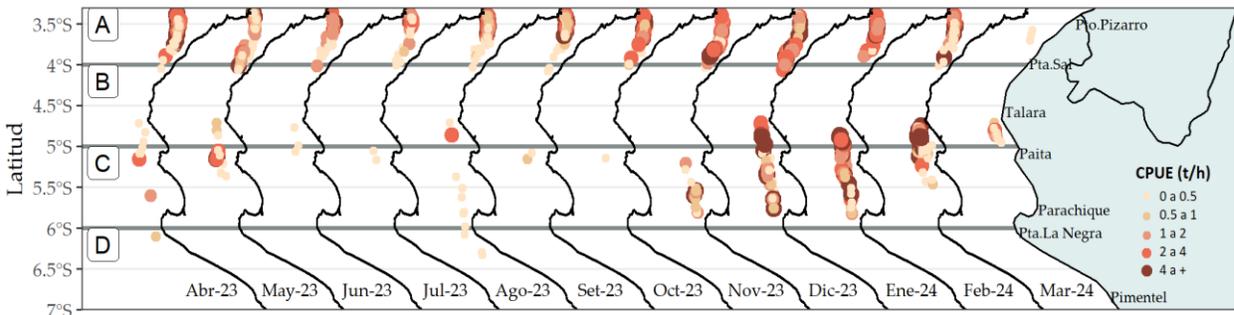


Figura 32. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en th-1) por lance de pesca entre los meses de abril 2023 al 11 de marzo de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

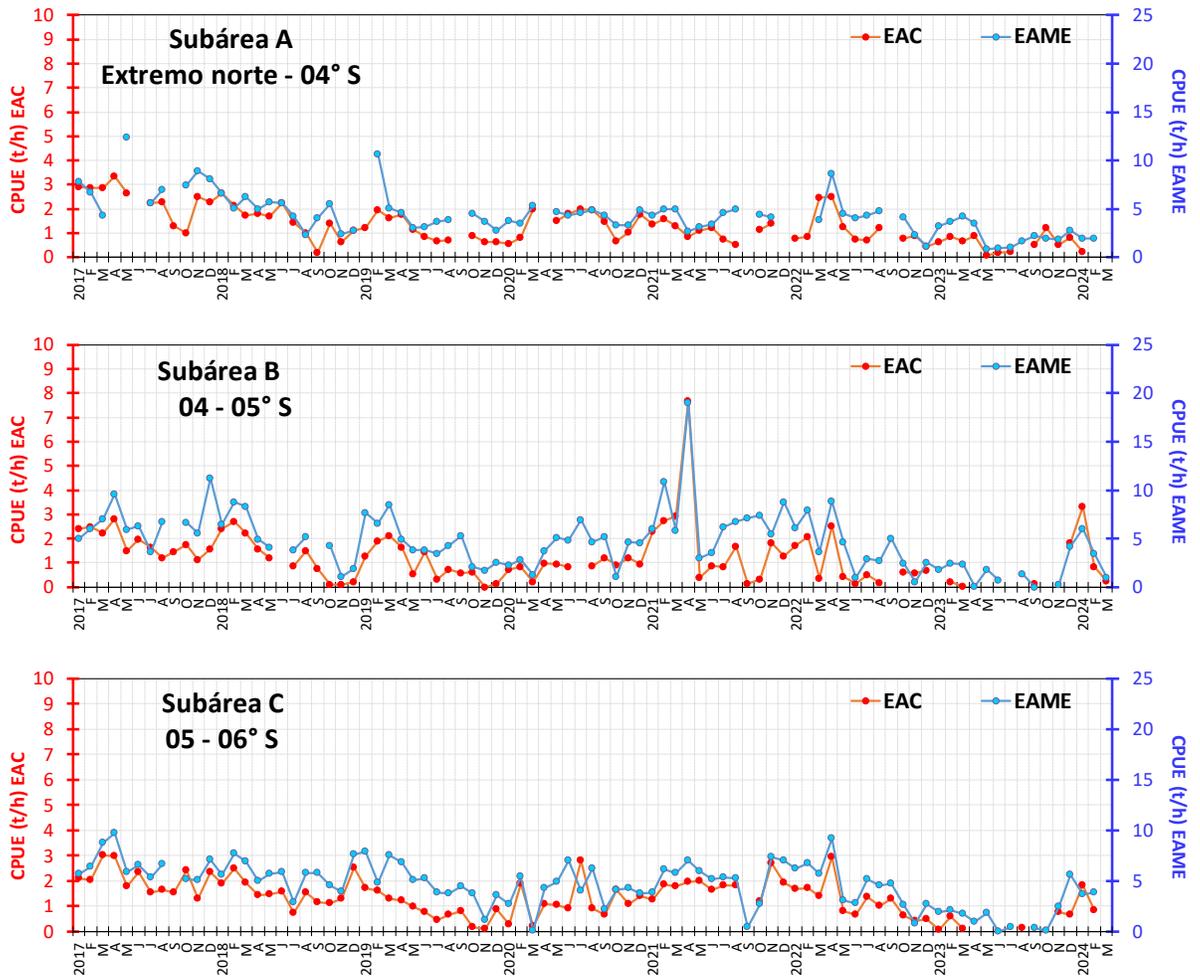


Figura 33. CPUE mensual (t h⁻¹) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

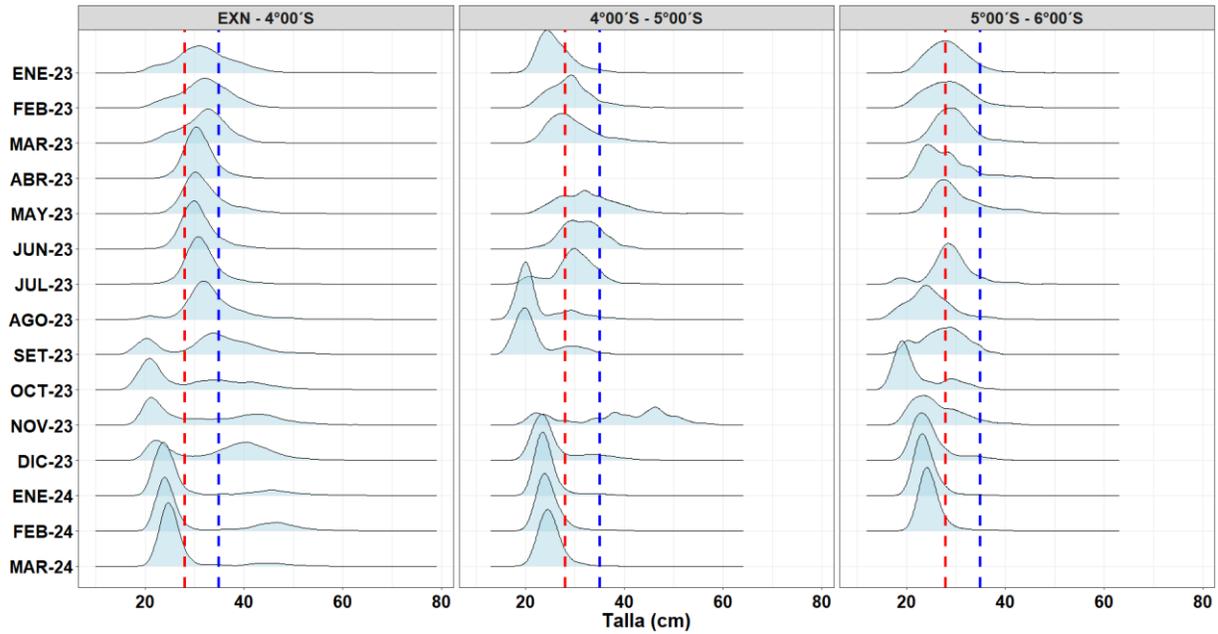


Figura 34. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 11 de marzo 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

Para los recursos invertebrados, se observó incremento de los desembarques de los recursos, calamar gigante, pulpo (*Octopus mimus*) y concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), a diferencia del langostino café (*Penaeus californiensis*), que registró disminución. El calamar gigante se distribuyó entre Paita y Morro Sama, desde las 2 a 144 mn de la costa, registrando la mayor concentración en la zona norte, entre Paita y Chimbote. (Figura 35).

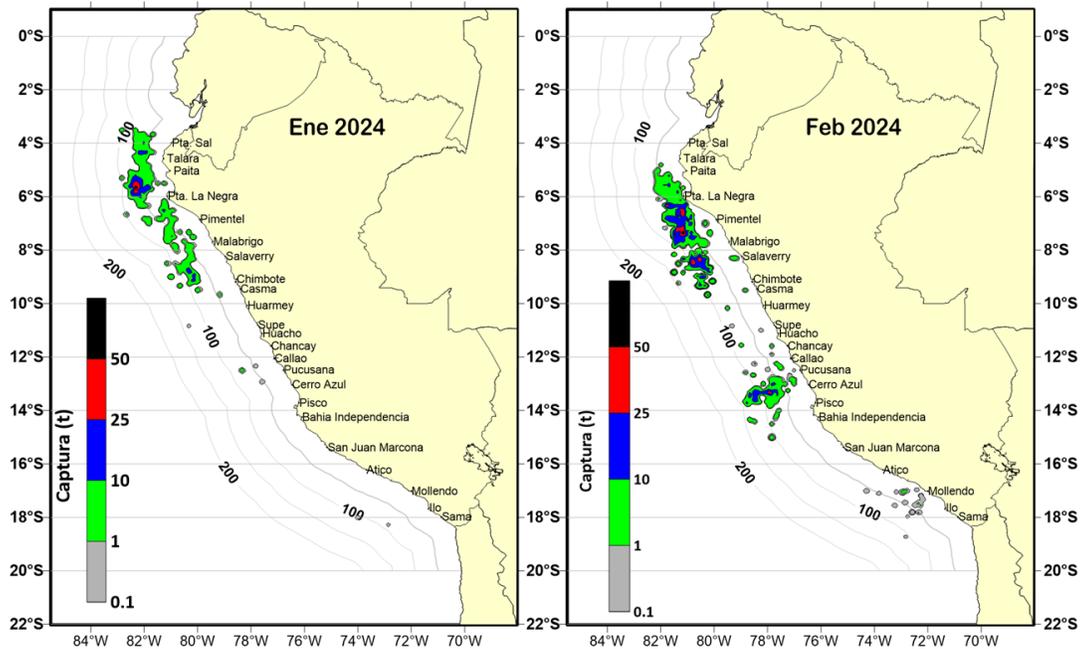


Figura 35. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, durante enero y febrero 2024

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de febrero y los primeros días del mes de marzo del 2024 los ríos de la vertiente del pacifico norte, de Tumbes hasta el río Motupe, sus caudales tuvieron un comportamiento sobre lo normal de forma muy notoria, con a partir de los ríos Chancay Lambayeque hasta el río Lurín, en la región de Lima predominan condiciones por debajo de lo normal, de forma ligera, mientras que la mayoría de los ríos del pacifico sur predominaron caudales sobre normal.

En los ríos de la vertiente del Amazonas, incluida los ríos navegables, predominan condiciones normales, en su gran mayoría, pero el rio Pampas se observaron condiciones ligeramente por debajo de lo normal de forma continua.

Los ríos de la vertiente del Titicaca tienen condiciones notoriamente sobre lo normal, contrariamente a lo que se venía registrando desde meses atrás, de forma continua, observándose en el lago Titicaca un incremento de sus niveles, pero aún no supera las condiciones de los niveles más bajos que viene registrando desde la década del ochenta (Tabla 4).

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 27 de febrero del 2024

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Año (%)	Condición	
		Febrero -2024			Marzo -2024						
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	244.8	280.9	253.1	367.7	204.4	150.4	250.2	6.0	Normal	
	Tumbes El Tigre	266.5	487.0	330.7	440.4	294.0	232.6	341.9	48.0	Ligeramente sobre lo normal	
	Chira (ardilla)	286.1	267.9	184.9	462.4	189.5	130.0	253.5	91.8	Significativamente sobre lo normal	
	Chira (Puente Suallana)	16.0	294.0	65.0	304.0	93.0	65.0	139.5	166.9	Significativamente sobre lo normal	
	Piura	57.9	387.3	112.9	195.8	86.8	65.0	150.9	253.7	Significativamente sobre lo normal	
	Quiroz	42.3	69.6	41.9	92.8	47.1	35.2	54.8	31.9	Ligeramente sobre lo normal	
	Motupe	2.2	3.4	1.7	1.9	1.8	1.6	2.1	34.5	Ligeramente sobre lo normal	
	La Leche	10.4	12.9	5.8	5.9	5.5	6.8	7.9	-31.3	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Chancay										
	Lambayeque	44.6	41.4	29.5	83.3	67.1	47.0	52.2	-18.1	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Zaña	9.2	10.0	7.2	7.9	8.6	7.7	8.4	-18.3	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Jequetupeque	31.8	26.0	27.1	75.1	56.3	43.7	43.3	-23.8	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Chicama (Salinar)	40.4	34.9	31.2	79.1	62.1	47.6	49.2	-18.6	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Chicama (Tambo)	31.3	27.7	26.2	59.7	52.7	44.7	40.4	-16.4	Ligeramente por debajo de lo normal	
Moche	8.0	3.4	2.5	4.9	6.8	11.0	6.1	-60.6	Significativamente por debajo de lo normal		
Santa	357.4	218.9	275.9	499.7	372.1	302.0	337.7	26.8	Ligeramente sobre lo normal		
Pacífico Centro	Pativilca	57.0	44.8	73.8	87.8	71.7	50.3	64.2	-16.2	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Huaura	50.6	42.6	37.8	49.8	40.6	35.9	42.9	4.3	Normal	
	Huaral	23.4	24.3	33.3	40.3	28.5	25.4	29.2	-7.8	Normal	
	Chillón	6.0	5.6	11.4	15.0	8.7	6.5	8.9	-24.4	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Rimac	39.8	38.2	47.0	55.1	40.4	42.6	43.8	-24.7	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Lurín	9.6	8.6	13.1	15.4	11.5	13.3	11.9	-30.5	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Mala	37.7	30.0	75.5	77.9	42.4	40.0	50.6	34.7	Ligeramente sobre lo normal	
	Cañete	100.1	91.8	199.3	236.9	147.6	126.0	150.3	23.5	Ligeramente sobre lo normal	
	San Juan	61.6	39.5	191.4	192.6	164.6	138.0	131.3	152.3	Significativamente sobre lo normal	
	Pisco	60.2	41.2	173.9	180.5	106.6	62.6	104.2	95.4	Significativamente sobre lo normal	
Pacífico Sur	Ica	41.8	21.4	74.7	82.1	61.3	72.2	58.9	173.1	Significativamente sobre lo normal	
	Acarí	54.0	36.9	108.3	113.7	99.0	155.0	94.5	-35.7	Ligeramente por debajo de lo normal	
	Yauca	20.0	22.2	36.8	57.7	45.7	45.0	37.9	3.8	Normal	
	Ocoña	425.9	272.3	730.9	717.0	626.3	664.7	572.8	163.9	Significativamente sobre lo normal	
	Camaná	153.1	86.9	230.2	246.5	342.0	443.6	250.4	43.4	Ligeramente sobre lo normal	
	Socabaya	0.5	2.0	4.8	6.2	8.5	5.1	4.5	48.1	Ligeramente sobre lo normal	
	Tambo	92.6	57.4	181.7	78.2	69.1	77.1	92.7	23.9	Ligeramente sobre lo normal	
	Huacane	0.3	1.4	3.0	3.0	1.7	2.0	1.9	48.3	Ligeramente sobre lo normal	

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom	Año	Condición
	Torata	0.6	1.2	1.2				1.0	7.1	Normal
	Tumilaca	2.7			3.4	3.3	3.1	3.1	28.0	Ligeramente sobre lo normal
	Locumba	2.7	3.0	3.1	3.2	3.5	3.5	3.2	10.9	Normal
	Sama	5.7	15.4	31.1	36.5	14.6	6.9	18.4	280.6	Significativamente sobre lo normal
	Caplina	0.7	1.0	1.2	0.5	0.8	0.6	0.8	-19.2	Ligeramente por debajo de lo normal
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	1021.2	673.4	491.4	1372.3	1286.7	1003.9	974.8	-15.9	Ligeramente por debajo de lo normal
	Marañón (Cumba)	1018.0	660.3	551.4	1570.8	1509.8	1151.8	1077.0	6.5	Normal
	Crisnejas (Puente)	38.9	31.5	25.0	97.1	104.8	63.1	60.1	-15.3	Ligeramente por debajo de lo normal
	Crisnejas (Jesús Tunel)	6.4	4.1	3.8	13.9	15.4	10.7	9.0	-13.5	Normal
Ríos Navegables Norte	Napo	3918.4	4675.7	5154.7	4473.2	3859.6	3624.5	4284.3	-10.5	Normal
	Marañón (San Regis)	24011	24803	23246	21855	23080	24008	23500	7.0	Normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	36697	37744	37265	35306	34939	35899	36308	-3.2	Normal
Huallaga	Sisa	45.7	14.9	83.9	73.8	33.6	30.0	47.0	38.0	Ligeramente sobre lo normal
	Huallaga (Huayabamba)	2370.3	1485.9	1566.3	2974.3	2532.4	2016.0	2157.5	59.7	Significativamente sobre lo normal
	Tocache	1771.1	1764.8	2369.7	2746.5	2827.5	1891.8	2228.6	5.1	Normal
	Huallaga (Tingo María)	757.4	674.1	775.6	897.7	869.8	720.6	782.5	-0.4	Normal
	Huallaga (Taruca)	159.3	127.8	169.6	212.6	189.6	157.9	169.5	2.4	Normal
Ríos Navegables Centro	Ucayali (msnm)	146.1	146.3	146.8	147.1	147.1	147.1	146.8	-1.2	Normal
Mantaro	Mantaro (Pongor)	617.9	411.6	1066.9	1499.2	1116.7	813.4	920.9	63.3	Significativamente sobre lo normal
	Mantaro (La Mejorada)	401.5	277.3	663.5	929.5	739.1	516.8	587.9	52.6	Significativamente sobre lo normal
	Mantaro (Stuart)	127.5	87.8	174.0	273.7	223.7	171.4	176.3	20.6	Ligeramente sobre lo normal
	Mantaro (Chulec)	109.4	65.4	127.2	220.1	200.7	163.5	147.7	58.5	Significativamente sobre lo normal
Pampas	Pampas	217.5	164.2	289.9	291.0	268.3	259.5	248.4	-48.0	Ligeramente por debajo de lo normal
Apurímac	Antabamba	148.3	97.9	244.7	277.1	223.3	317.6	218.1	14.7	Normal
Urubamba	Urubamba (Km 105)	230.7	230.5	239.8	297.5	308.2	311.0	269.6	-10.8	Normal
	Paucartambo	69.4	74.5	81.8	75.9	64.1	74.8	73.4	1.6	Normal
	Pisac	149.1	161.5	162.1	193.7	184.9	199.8	175.2	-1.2	Normal
	Chilca	154.2	165.8	162.6	201.2	200.2	212.0	182.7	-17.7	Ligeramente por debajo de lo normal
Ríos Navegables Sur	Madre de Dios	8823.5	14124	14695	12452	8607	7787	11081	24.7	Ligeramente sobre lo normal
Titicaca	Huancane	57.1	114.0	77.3	69.7	87.8	171.2	96.2	141.5	Significativamente sobre lo normal
	Ramis	233.3	323.6	259.4	354.4	363.7	322.8	309.5	66.6	Significativamente sobre lo normal
	Ilave	113.7	87.2	174.3	127.6	125.3	103.9	122.0	114.3	Significativamente sobre lo normal
	Coata	100.0	79.6	125.2	176.5	220.7	188.8	148.5	75.0	Significativamente sobre lo normal

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

Los principales embalses del país, al 12/03/2024 se encuentran al 78 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses en su gran mayoría han incrementado sus volúmenes almacenados, especialmente en el pacifico sur y sierra, desde Condoroma en Arequipa a Paucarani en Tacna.

De otro lado, en la sierra central, tanto el Lago Junín y el embalse Choquesera se han llenado al 100 %, como también los embalses del sistema de Chili Regulado se encuentra muy cercano a su capacidad y la presa Jurumas ya se encuentra al 100 % de su capacidad (**Tabla 5**).

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 13 de marzo del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	12-Mar	Piura	445.5	229.3	51.5
	San Lorenzo	12-Mar	Piura	195.6	179.9	92.0
	Tinajones	12-Mar	Lambayeque	331.6	212.8	64.2
	Gallito Ciego	12-Mar	La Libertad	366.1	284.0	77.6
	SUB TOTAL			1338.7	906.0	67.7
Costa - Centro	Viconga	12-Mar	Lima	30.0	14.0	46.7
	Sistema Rímac	15-Feb	Lima, Junín	282.4	262.3	92.9
	Choclococha	12-Mar	Ica	131.1	74.5	56.8
	Ccaracocha	12-Mar	Ica	40.0	25.4	63.5
	SUB TOTAL			483.5	376.2	77.8
Costa - Sur	Condorama	12-Mar	Arequipa	259.0	237.0	91.5
	El Pañe	12-Mar	Arequipa	99.6	90.0	90.4
	Dique Los Españoles	12-Mar	Arequipa	9.1	9.1	100.0
	Pillones	12-Mar	Arequipa	78.5	67.6	86.1
	El Frayle	12-Mar	Arequipa	127.2	127.2	100.0
	Aguada Blanca	12-Mar	Arequipa	30.4	22.7	74.6
	Chalhuanca	12-Mar	Arequipa	25.0	25.0	100.0
	Bamputañe	12-Mar	Arequipa	40.0	26.5	66.3
	Pasto Grande	12-Mar	Moquegua	200.0	154.6	77.3
	Paucarani	12-Mar	Tacna	10.5	7.7	73.3
	Laguna Aricota	12-Mar	Tacna	280.0	203.3	72.6
	Jarumas	12-Mar	Tacna	13.0	13.0	100.0
SUB TOTAL			1172.4	983.7	83.9	
Sierra - Centro	Cuchoquesera	12-Mar	Ayacucho	80.0	80.0	100.0
	Lago Junín	12-Mar	Junin	314.7	314.7	100.0
	SUB TOTAL			394.7	394.7	100.0
Sierra - Sur	Lagunillas	12-Mar	Puno	585.1	448.5	76.6
	Sibinacocha	12-Mar	Cusco	110.0	74.70	67.9
	SUB TOTAL			695.1	523.2	75.3
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	3,183.8	78.0

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango de Piura, las temperaturas máximas ligeramente cálidas y mínimas entre normales y ligeramente cálidas, promovieron el desarrollo de brotes vegetativos; en tanto que, en la región Lambayeque, dichas condiciones ambientales propiciaron el inicio del brotamiento vegetativo, especialmente en las plantaciones donde se realizaron las actividades de poda para la nueva campaña 2024/2025. En cuanto al cultivo de arroz de los valles de La Leche, Chancay-Lambayeque y Zaña (Lambayeque) y Jaquetepeque (La Libertad) se observó la prevalencia de arrozales en crecimiento vegetativo, mayoritariamente en buen estado. Asimismo, para las plantaciones de palto de la costa central y sur, las condiciones térmicas vienen promoviendo el inicio de las labores de cosecha; mientras que, en La Yarada (Tacna) aparecieron las primeras aceitunas negras, debido a la persistencia de las temperaturas cálidas **(Figura 36)**.

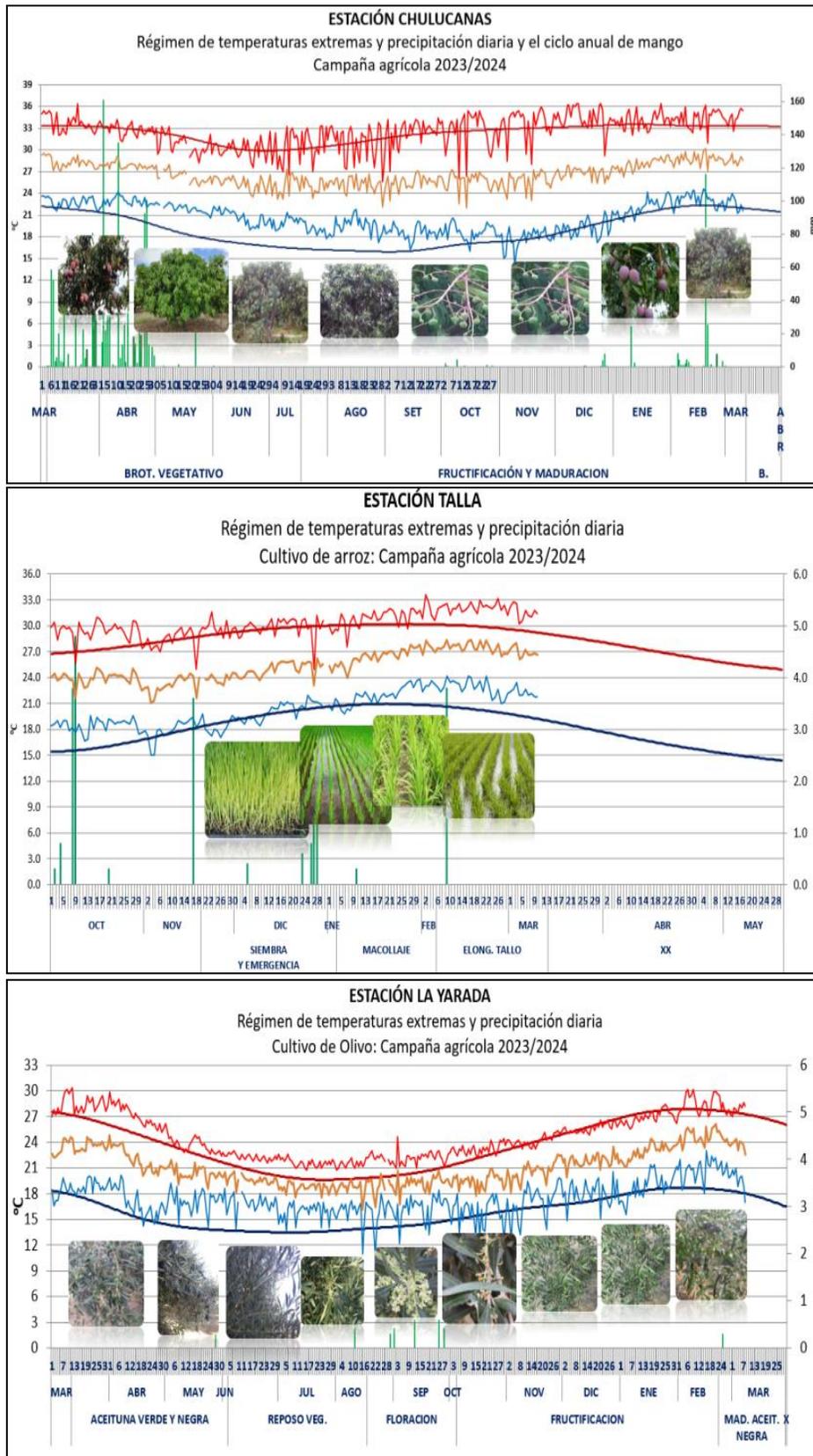


Figura 36. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5–NEMO, NASA–GEOS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4, COLA–RSMAS–CESM1), con condiciones iniciales de marzo de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican en promedio, la condición cálida débil para abril de 2024. En el mes de mayo la categoría más probable sería neutra. Finalmente, entre los meses de junio y enero de 2025 se esperarían condiciones de frías débiles a frías fuertes (**Tabla 6**).

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

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, las condiciones neutras entre los meses de abril y junio, mientras que para los meses de julio a setiembre las condiciones serían frías débiles. Finalmente entre octubre y enero de 2025 se esperarían condiciones en el rango neutro, aunque las anomalías continuarían negativas (**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	OND	NDE	DEF
CFS2	-0.36	-1.03	-1.32	-1.29	-1.11	-0.81	-0.63	-0.65	-----	-----
CanCM4i	-0.01	-0.42	-0.69	-0.84	-0.89	-0.87	-0.77	-0.69	-0.58	-0.49
GEM5_NEMO	0.39	0.02	-0.17	-0.30	-0.41	-0.54	-0.59	-0.63	-0.56	-0.43
NASA	-1.14	-1.85	-1.92	-1.78	-1.54	-1.37	-1.33	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.23	-0.42	-0.89	-1.11	-1.16	-0.99	-0.80	-0.56	-0.36	-0.09
COLA-CCSM4	-0.22	-0.60	-0.97	-1.42	-1.71	-1.75	-1.68	-1.64	-1.54	-1.26
COLA_CESM	-0.20	-0.61	-0.79	-0.90	-0.90	-0.73	-0.58	-0.54	-0.56	-0.52
Promedio										
NMME	-0.19	-0.70	-0.96	-1.09	-1.10	-1.01	-0.91	-0.79	-0.72	-0.56

Analizando la información de altimetría satelital (**Figura 2c**) y de la profundidad de termoclina (**Figura 2b**), la onda de Kelvin cálida observada en el Pacífico central arribaría, de mantener su energía, a partir de la quincena de marzo. La onda de Rossby cálida localizada en la zona oriental debe continuar su desplazamiento hacia el Pacífico central (**Figura 3b**). En la profundidad de la termoclina, según lo observado a la fecha, se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe su presencia en la zona oriental, por lo pronto, hasta abril. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de la onda de Kelvin cálida mencionada, aunque es muy débil actualmente. Los pulsos de viento del este que se han desarrollado en el Pacífico oriental y occidental contribuirán al desarrollo de nuevas ondas de Kelvin frías, las cuales se sumarán al paquete ya existente y podrían extender la presencia de ondas de Kelvin frías hasta mayo en la costa americana.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (**Figura 37**) como de NCEP (**Figura 38**), y luego con vientos igual a cero—, continúan pronosticando la presencia de ondas de Kelvin cálidas y frías débiles hasta inicios de abril, luego solo serían ondas frías.

Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (**Figura 39**), se tendrían ondas de Kelvin cálidas y frías débiles, por lo pronto, hasta marzo y luego entre abril y mayo se esperan ondas de Kelvin frías. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que aparentemente están influyendo a que las ondas de Kelvin cálidas están arribando a la costa peruana con poca intensidad. Asimismo, hay que considerar que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

Anomalía del nivel del mar [cm] - \sum Modos -- [ASCAT]

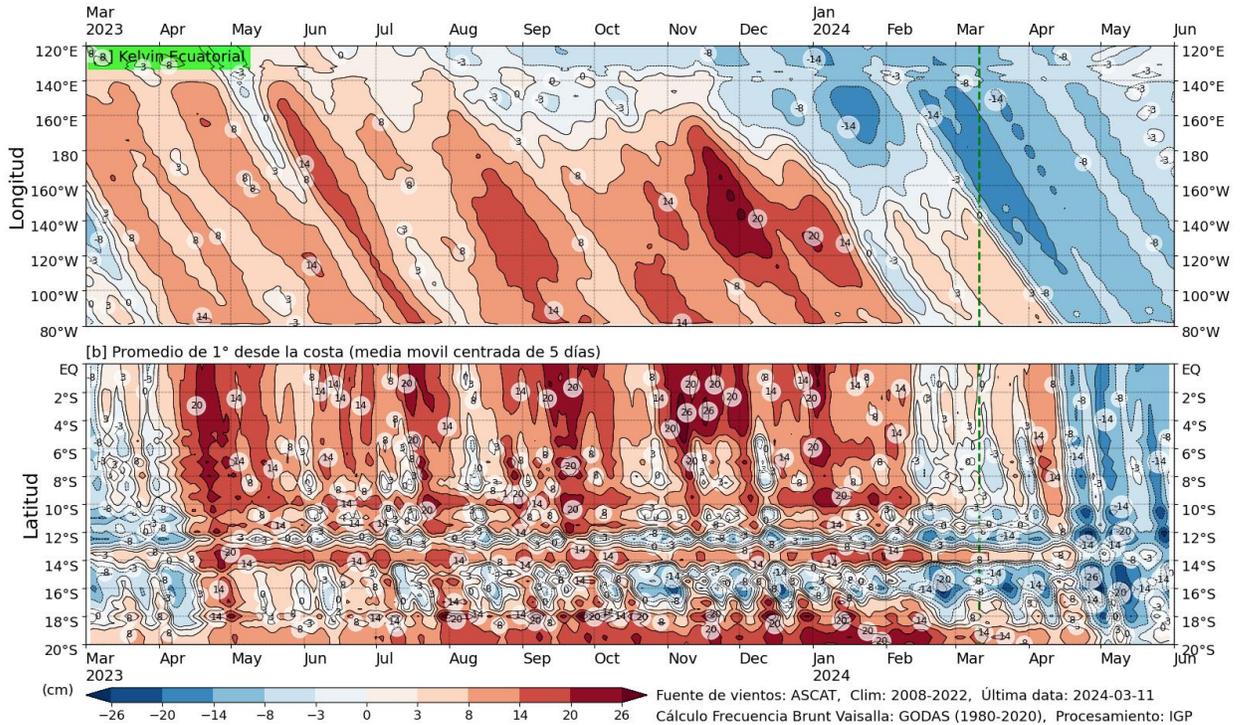


Figura 37. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

Anomalía del nivel del mar [cm] - \sum Modos -- [NCEP]

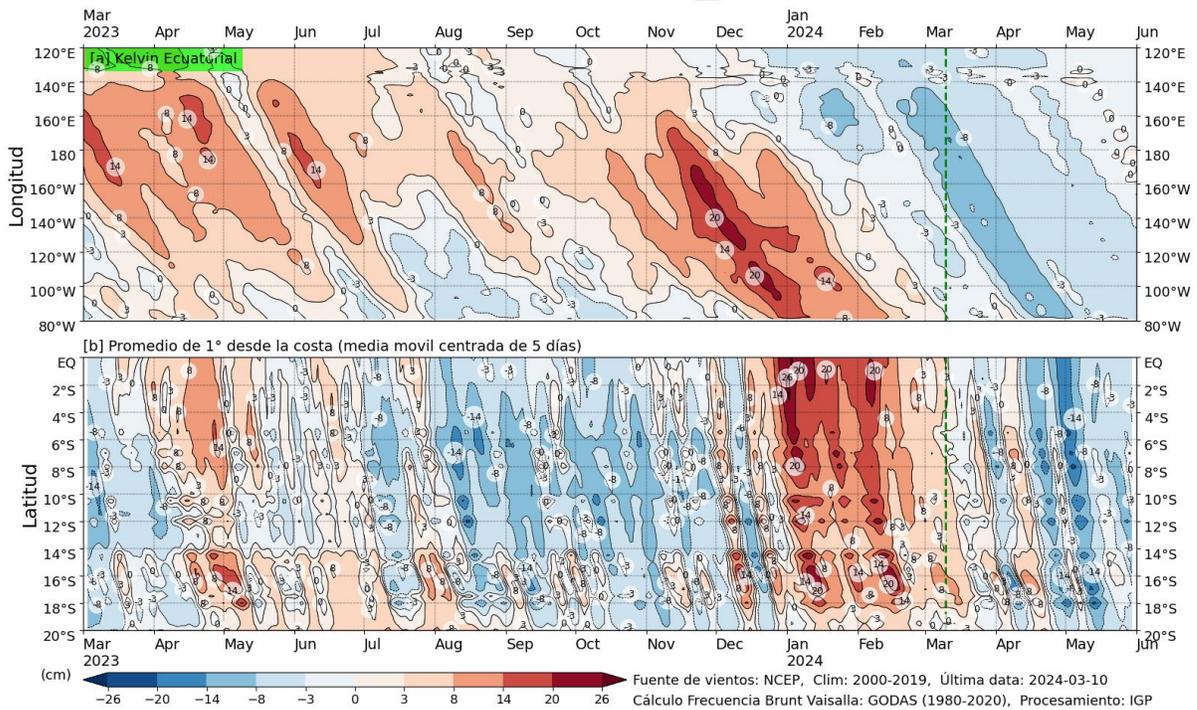


Figura 38. Igual que la Figura 3 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

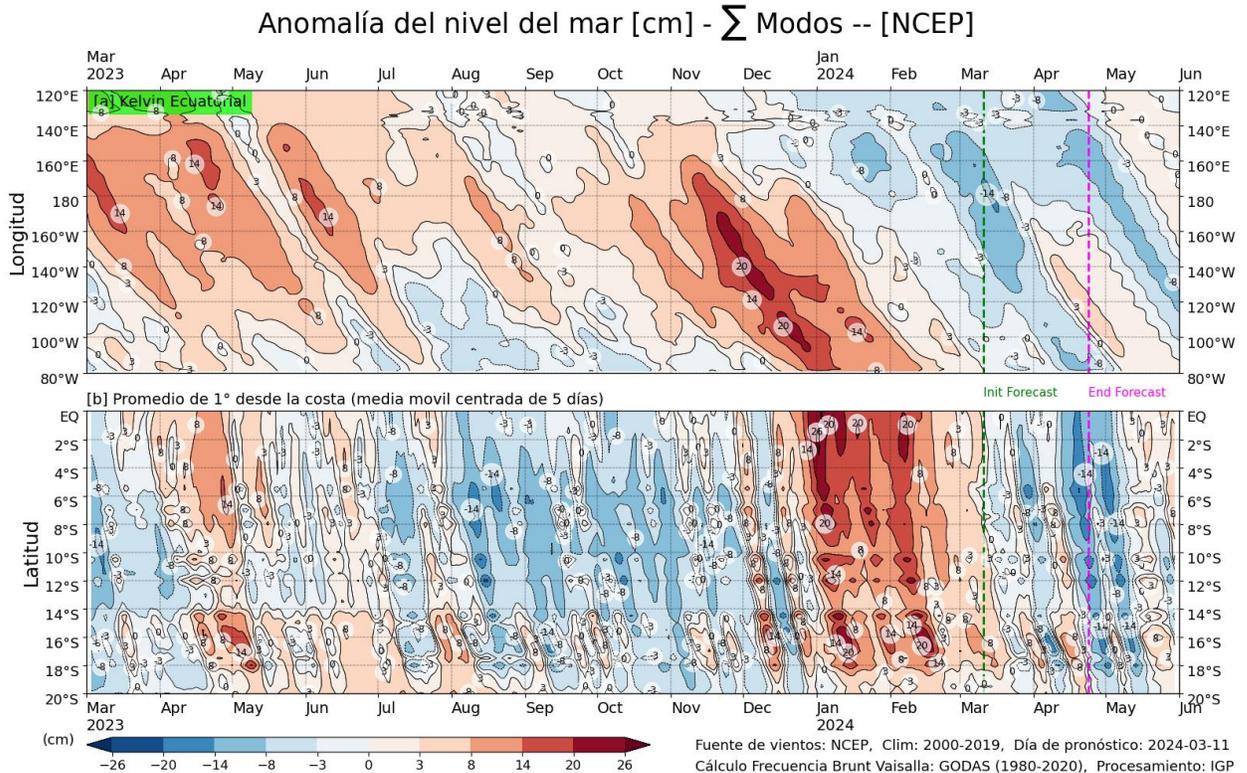


Figura 39. Igual que la Figura 4, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 09 de marzo 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal, indica que entre marzo y mayo 2024 arribarían a las costas sudamericanas tres ondas Kelvin frías. En lo que resta de marzo, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 2), generada por la reflexión de una onda Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental en noviembre 2023. En abril, se espera la llegada a Sudamérica de otra onda Kelvin fría (modo 1), que fue reforzada por la persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental y central durante fines de febrero e inicios de marzo 2024. Finalmente, en mayo, se espera la llegada a Sudamérica de la otra onda Kelvin fría (modo 2), que también fue reforzada por la persistencia de las mismas anomalías de vientos del este durante fines de febrero e inicios de marzo (**Figura 40**). El paso de estas ondas Kelvin frías contribuirá a mantener o intensificar la superficialización de la termoclina ecuatorial y frente a las costas de Sudamérica.

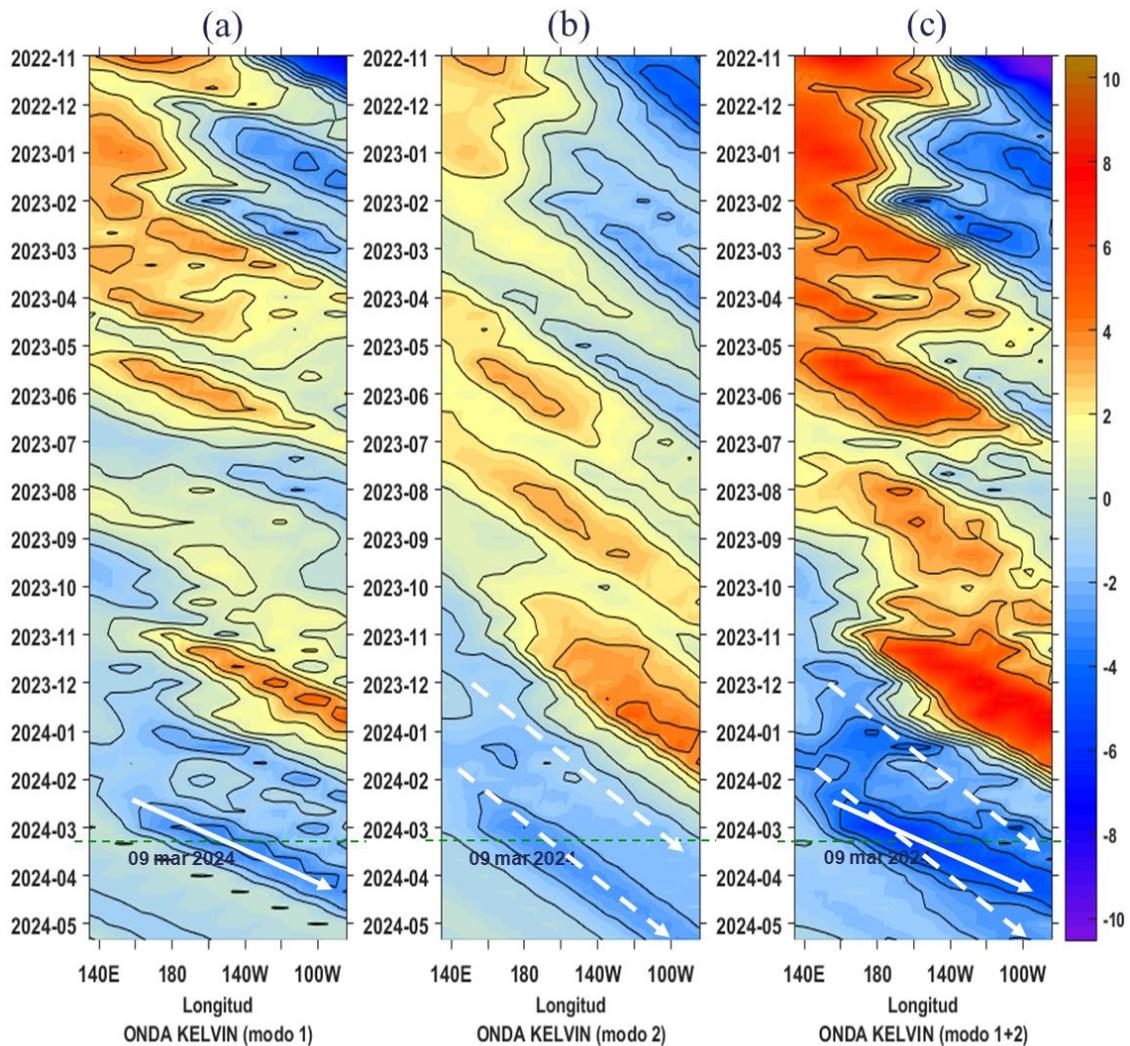


Figura 40. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

Conforme al juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, para el Pacífico central, es más probable que las condiciones cálidas varíen de moderadas en marzo a débiles en abril. De mayo a junio es más probable la condición neutra, mientras que de julio a setiembre son más probables las condiciones frías (**Tabla 8 y Figura 41**).

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre marzo y setiembre 2024.

Pacífico central	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	1	1	2	2
Fría moderada	0	0	1	8	15	17	18
Fría débil	0	1	16	32	42	45	46
Neutro	0	26	60	51	41	35	33
Cálida débil	42	51	22	8	1	1	1
Cálida moderado	58	22	1	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se espera una transición de condiciones cálidas débiles a una condición neutra en abril, la que se mantendría hasta mayo. En junio es más probable un escenario de transición de condición neutra a condiciones frías. De julio a setiembre son más probables las condiciones frías (**Tabla 9 y Figura 41**).

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre febrero y julio 2024.

Pacífico central	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	1	3	2	1
Fría moderada	0	1	5	11	13	12	11
Fría débil	0	7	19	37	42	41	39
Neutro	5	49	64	47	41	44	48
Cálida débil	52	38	12	4	1	1	1
Cálida moderado	43	5	0	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

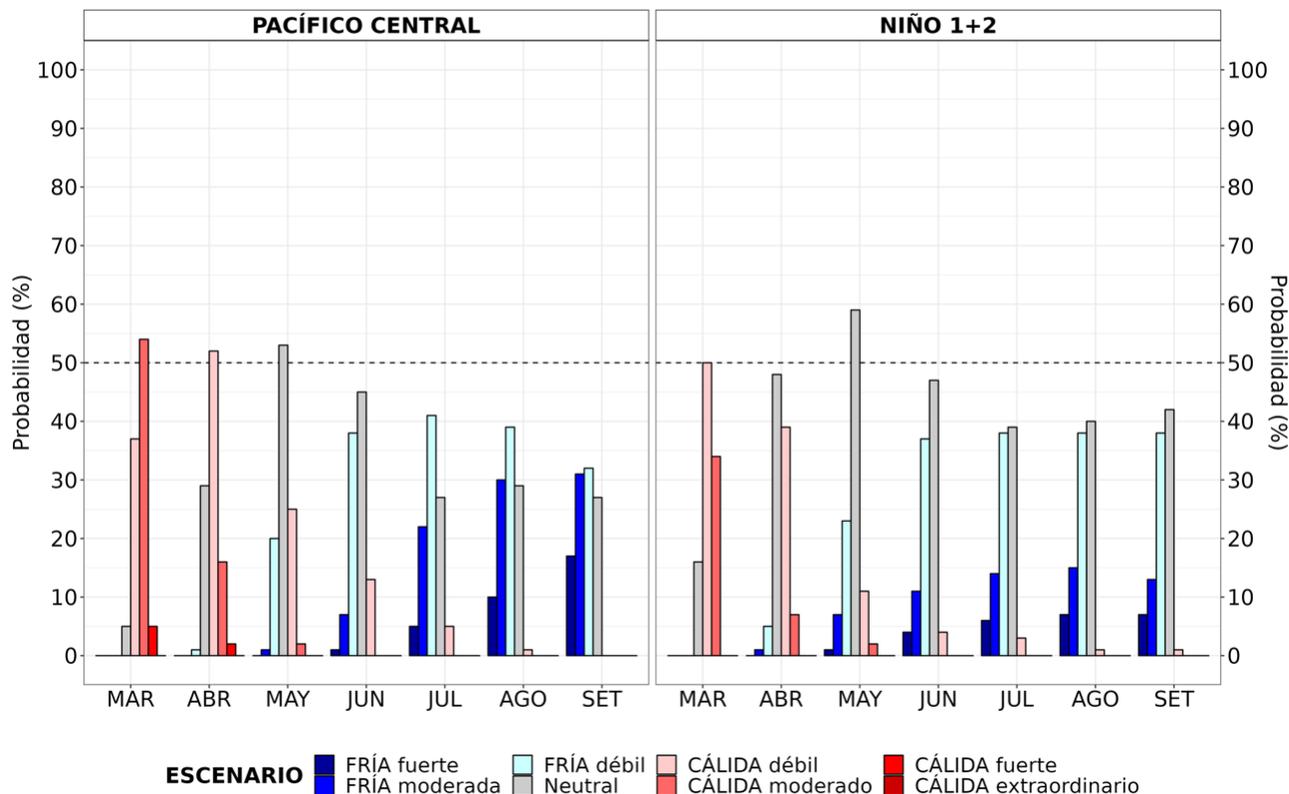


Figura 41. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre marzo y setiembre 2024.

El pronóstico estacional para abril-junio de 2024³ indica valores de temperaturas, en promedio, dentro de lo normal en la costa peruana. Por otro lado, es más probable que las lluvias en la costa y sierra norte registren valores entre normales e inferiores a lo normal.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico, entre marzo y julio, en la Región Hidrográfica del Pacífico Norte, predominarían caudales en el rango “normal” a “debajo de lo normal” en los ríos de Tumbes y Piura; mientras que, en la zona centro y sur del Pacífico se esperarían caudales “normales”, sin descartar eventos de crecidas repentinas que puedan superar sus umbrales hidrológicos y afectar las actividades en ríos y zonas aledañas, además de posible activación de quebradas. En la Región Hidrográfica del Amazonas predominarían caudales “normales”. Finalmente, en la Región Hidrográfica del Titicaca, se prevén, en promedio, ríos con caudales en el rango “sobre lo normal” a “normal”⁴, principalmente, en marzo.

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

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

En cuanto a los recursos pesqueros, para las siguientes semanas, se espera que continúe la disminución gradual de los procesos de maduración gonadal y desove de la anchoveta del stock norte centro. El bonito mantendrá su disponibilidad a la flota artesanal. Asimismo, se espera que el calamar gigante o pota mantenga su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte y centro.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que es más probable que El Niño costero (región Niño 1+2, Figura 1) continúe hasta finales de marzo, como consecuencia de la variabilidad de las condiciones climáticas regionales.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2 se espera una transición de condiciones cálidas débiles a condición neutra en abril, la que se mantendría hasta mayo (Figura 2). En junio es más probable un escenario de transición de condición neutra a condiciones frías. De julio a setiembre son más probables las condiciones frías (Figura 2).

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con los pronósticos meteorológicos⁶ e hidrológicos⁷ a corto plazo y estacional, así como las proyecciones climáticas hasta setiembre, 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 continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 05 de abril de 2024.

VI. REFERENCIAS

- Behringer, D., & Xue, Y. (2003). *EVALUATION OF THE GLOBAL OCEAN DATA ASSIMILATION SYSTEM AT NCEP: THE PACIFIC OCEAN*. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-THE-GLOBAL-OCEAN-DATA-ASSIMILATION-AT-Behringer-Xue/2824da5d850b9c12d20ec304919c311b508d909e>
- Bentamy, A., Croize-Fillon, D., & Perigaud, C. (2008). Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 4(4), 265–274. <https://doi.org/10.5194/os-4-265-2008>
- Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 100(C12), 25041–25059. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>
- Carton, J. A., & Giese, B. S. (2008). A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). *Monthly Weather Review*, 136(8), 2999–3017. <https://doi.org/10.1175/2007MWR1978.1>
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., & Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997–1998 El Niño. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 11-1-11–15. <https://doi.org/10.1029/2001GL014452>
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical Structure of an OGCM Simulation of the Equatorial Pacific Ocean in 1985–94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 19-35
- ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú* (p. 3) [Nota Técnica]. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- 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., Tippet, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. Marine heatwaves in the Humboldt current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños. *Sci Rep* 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4>Takahashi et al., 2014.

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

VI. ANEXO

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

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

