

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



AÑO 10 N° 04

INFORME TÉCNICO ENFEN

AL 28 FEBRERO 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. Juan Carlos Castro Vargas
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: José Luis Bustamante, Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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

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

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

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

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N° 04, 28 febrero 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: 01 de marzo de 2024



Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur en
el Perú al 28 de febrero
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 28 DE FEBRERO 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 28 DE FEBRERO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial continuaron disminuyendo las condiciones cálidas anómalas. En la región oriental las anomalías de la TSM muestran condiciones cálidas moderadas desde enero hasta la fecha (**Figura 1, Tabla 1**). De acuerdo con los promedios semanales de febrero de OISST, las anomalías han disminuido en todas las regiones Niño. (**Tabla 2**).

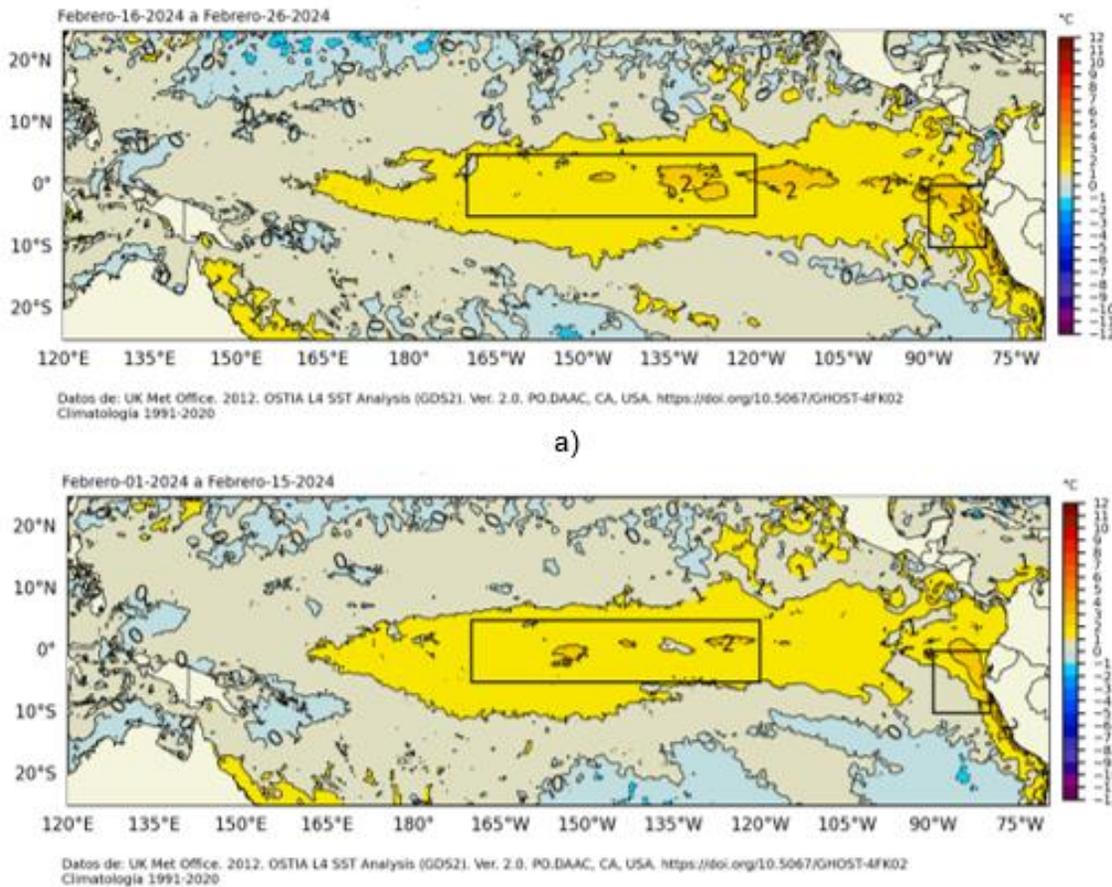


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico Tropical del a) 16 al 26 de febrero 2024 y b) del 01 al 15 de febrero 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV.

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	
Ago. 23	24.30	3.29	27.12	2.00	28.20	1.35	29.72	0.93
Set.	23.15	2.42	27.01	2.10	28.32	1.60	29.88	1.12
Oct.	23.34	2.32	27.13	2.15	28.43	1.72	29.99	1.23
Nov.	23.73	2.08	27.20	2.10	28.72	2.02	30.21	1.51
Dic 23	24.42	1.61	27.27	2.05	28.67	2.07	30.05	1.51
Ene 24	25.81	1.24	27.56	1.90	28.41	1.86	29.91	1.59

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	
24-Jan-24	25.7 0.7	27.5 1.8	28.1 1.7	29.7 1.6	
31-Jan-24	26.3 1.0	27.8 1.9	28.3 1.8	29.6 1.5	
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	

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

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
ene-23	-0,27	Neutro	-0,71	Fría Débil
feb-23	0,42	Cálida Débil	-0,45	Neutro
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0.16	Neutro
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
ene-24	1,27	Cálida Moderada	1,84	Cálida Fuerte

Fuente: IGP

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, el núcleo de la onda de Kelvin cálida habría arribado a la costa peruana durante fines de enero e inicios de febrero. Por otro lado, la señal de una onda de Kelvin fría habría disminuido al acercarse a la costa americana.

La señal de una onda de Kelvin cálida, formada por pulsos de viento del oeste ocurridos entre fines de enero e inicios de febrero en la zona occidental y central, presenta una magnitud débil y se localiza en la zona central. No se observan actualmente 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. 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. Asimismo, se sigue observando la señal de una onda de Kelvin cálida en la termoclina de la zona occidental-central, con una magnitud débil (**Figura 2 y Figura 3**)

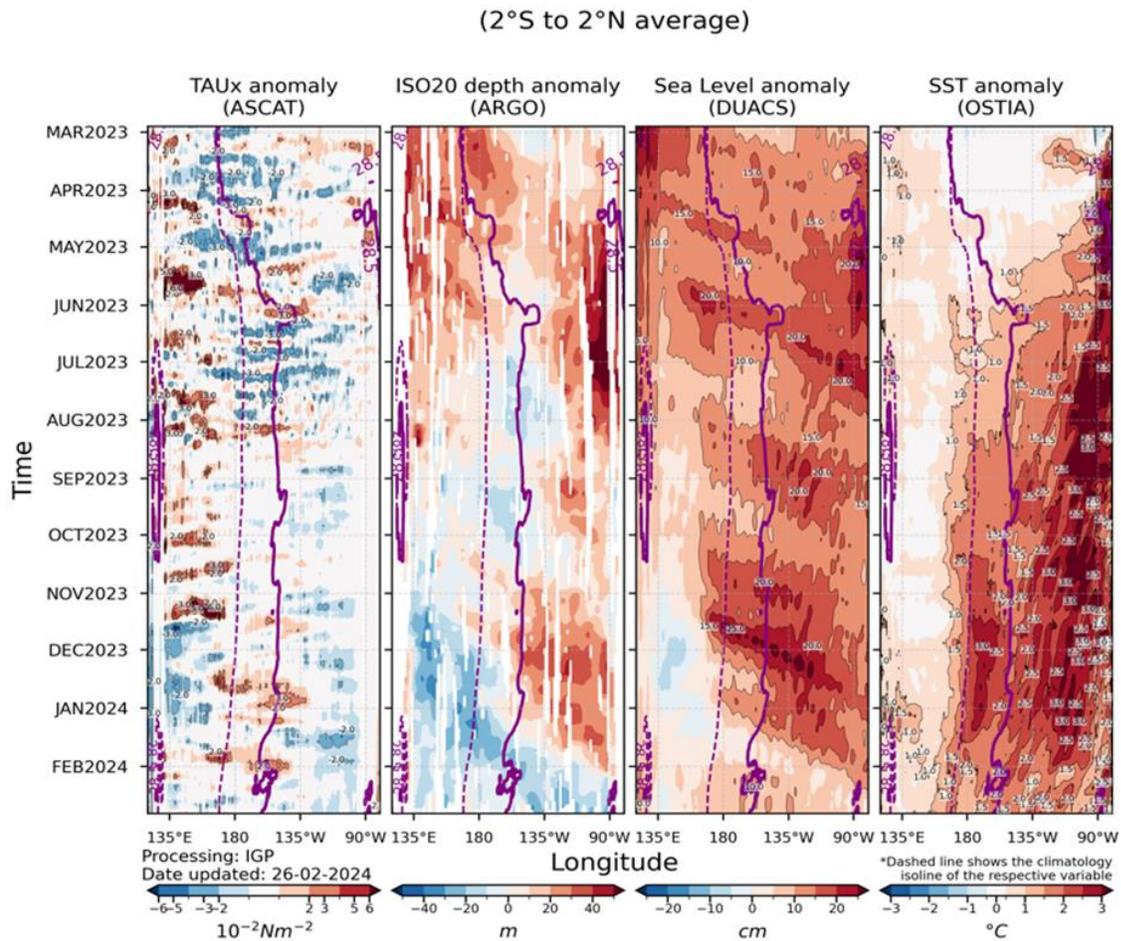


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

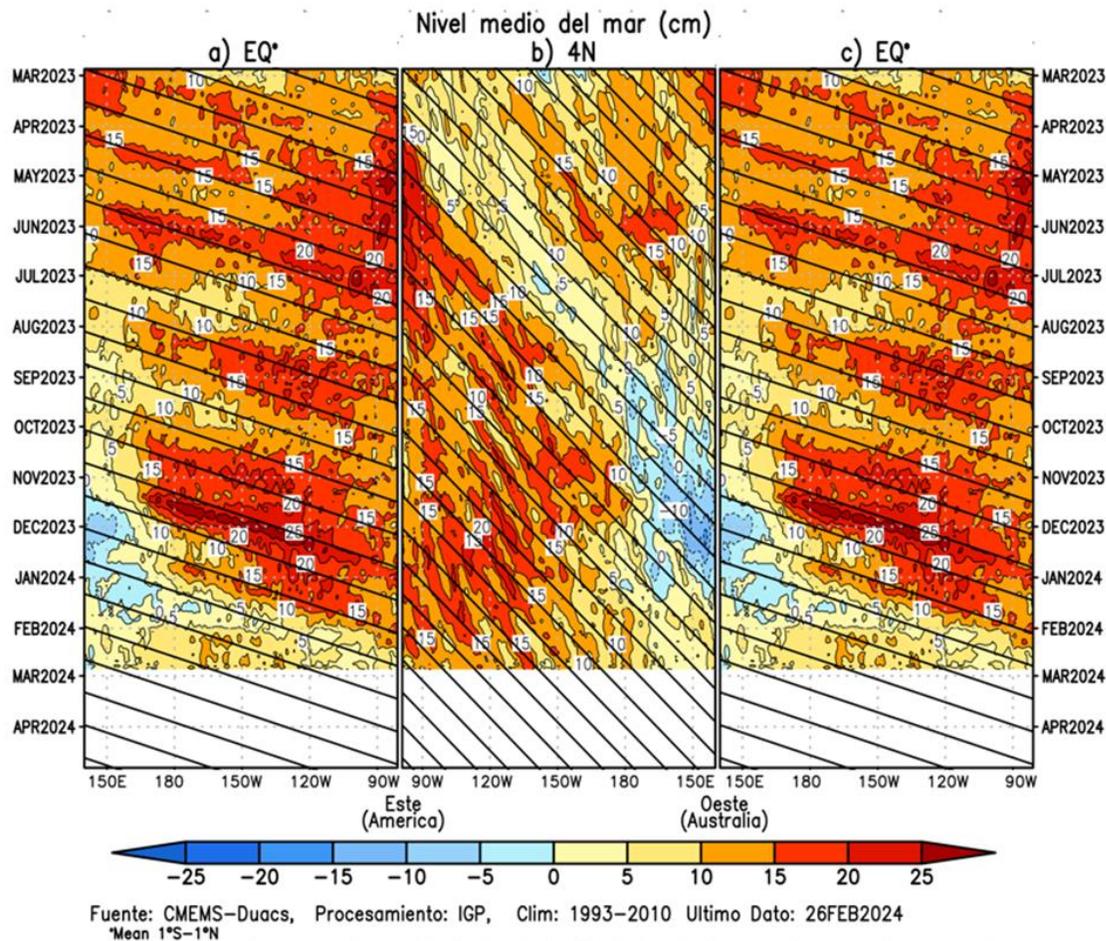


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras 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 febrero 2024, continuaron presentándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central (-1h Pa), extendiéndose hacia la región suroeste respecto a Sudamérica, comprendida como la región de la zona de convergencia del Pacífico sur (ZCPS) que va desde los 180°W/15°S y se extiende hacia el sureste en dirección al extremo sur del Chile. Sobre el mar continental, se extendieron hacia el norte anomalías positivas de presión atmosférica de hasta +4 hPa, favoreciendo la ausencia de precipitaciones sobre la región; sin embargo, hacia el lado suroccidental del mar continental se presentaron precipitaciones esporádicas (al sureste de Australia). Además, en la vertiente oriental y cuenca amazónica de Sudamérica, la subsidencia en continente de la circulación Walker se fortaleció con respecto al mes de enero, presentando anomalías positivas de presión (+1 a +2 hPa) por lo que ya no se apreciaron patrones de gran desarrollo convectivo entre 45°W y 70°W. En cambio, al oeste de 90° W persistió la convección (**Figura 4 c y d**), asociada a la zona de convergencia intertropical (ZCIT).

La importante actividad de la ZCPS para las tres primeras semanas del mes de febrero favoreció el debilitamiento del Anticiclón del Pacífico sur (**Figura 4 b y d**), lo que a su vez 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 e incluso llegando hacia el norte de Chile. Por otro lado, la caída de presión incentivó a que el Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 27 de febrero del 2024, alcance el valor de -15.8, más asociado a condiciones favorables para flujos del oeste. Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) hacia la tercera semana del mes de febrero de 2024 predominó una ventana breve de la fase divergente para la región de Sudamérica en especial para el norte del Perú. Para las dos primeras semanas de marzo los modelos sugieren un período de componente subsidente, lo que limitará la convección sobre el territorio peruano (ver **Figura 5 c**).

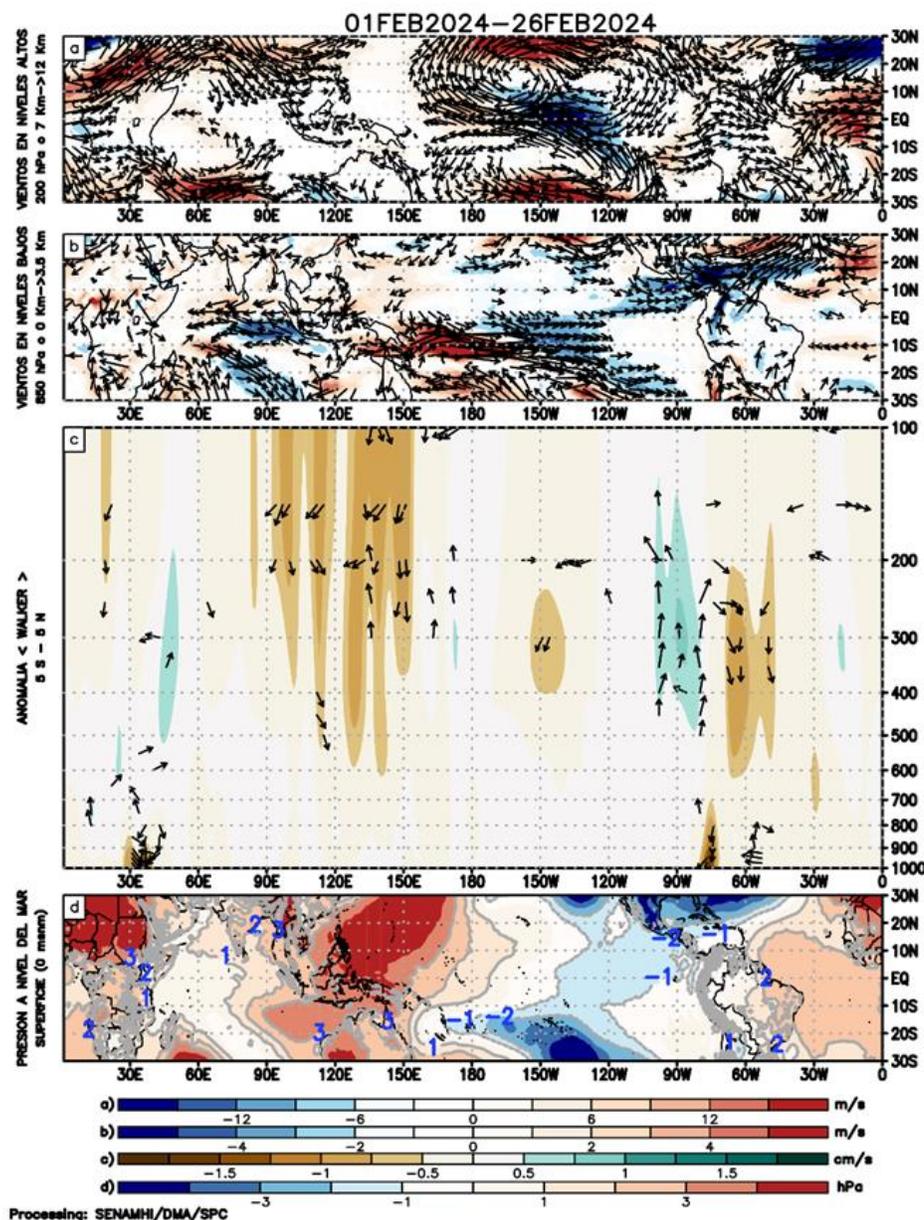


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-26 de febrero de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El promedio del mes de febrero en niveles bajos de la troposfera (1000 - 850 hPa), para las tres primeras semanas presentó anomalías positivas del oeste entre los 150°E a 120°W; (Figura 4 a y b), anomalías que favorecieron la convección en la región en mención y esta a su vez impulsó ondas Rossby a la ZCPS que incentivaron mayor convección. En niveles de alta tropósfera de la franja tropical se observaron anomalías de flujos del este en forma predominante desde los 100°W hasta los 160°E; mientras que de 90°W a 40°W predominaron vientos del oeste, que hicieron un ingreso a la región peruana y Ecuador y limitaron convecciones de gran desarrollo vertical, en especial en la vertiente oriental.

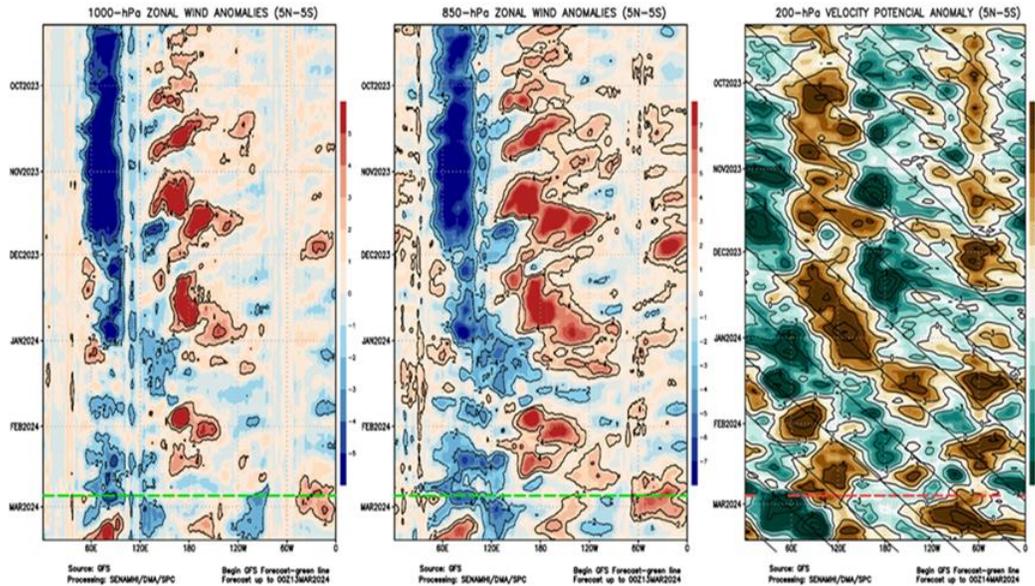


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre septiembre 2023 a febrero del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para enero, mostró una configuración zonal, con intrusiones de la Zona de convergencia del Pacífico sur (ZCPS) que lo dividió en dos núcleos (occidental – oriental), los cuales mostraron igual intensidad, en promedio alrededor de los 1024 hPa, pero hacia el sur de su posición climática. Para el mes de febrero de 2024, el APS presentó una configuración sureste a noroeste, ubicado al sureste de su posición climatológica, con una menor intensidad respecto a enero, llegando a 1018 hPa y con una anomalía de hasta -2hPa (**Figura 6**). El ingreso de la ZCPS favoreció la poca amplificación del APS hacia las tres primeras semanas del mes, induciendo frente a la costa peruana y chilena un débil gradiente isobárico que favoreció vientos ligeros frente a la costa y consecuentemente el fácil ingreso de vientos del norte con características cálidas y húmedas a lo largo de la costa. Por otro lado, hacia la última semana el APS evoluciono a una amplificación induciendo aumento de intensidad vientos frente a la costa, lo cual contribuyó a la caída de temperaturas mínimas sobre la costa.

El pronóstico del GFS indica que los vientos alisios entre el 29 de febrero al 15 de marzo mantendrán en forma sostenida el APS (**Figura 7**) con vientos frente a la costa chilena y peruana atenuando las condiciones cálidas de la costa. Este comportamiento favorecerá el retiro de la alta humedad en la costa sur especialmente; mientras que la costa norte aún presentará condiciones de alta humedad.

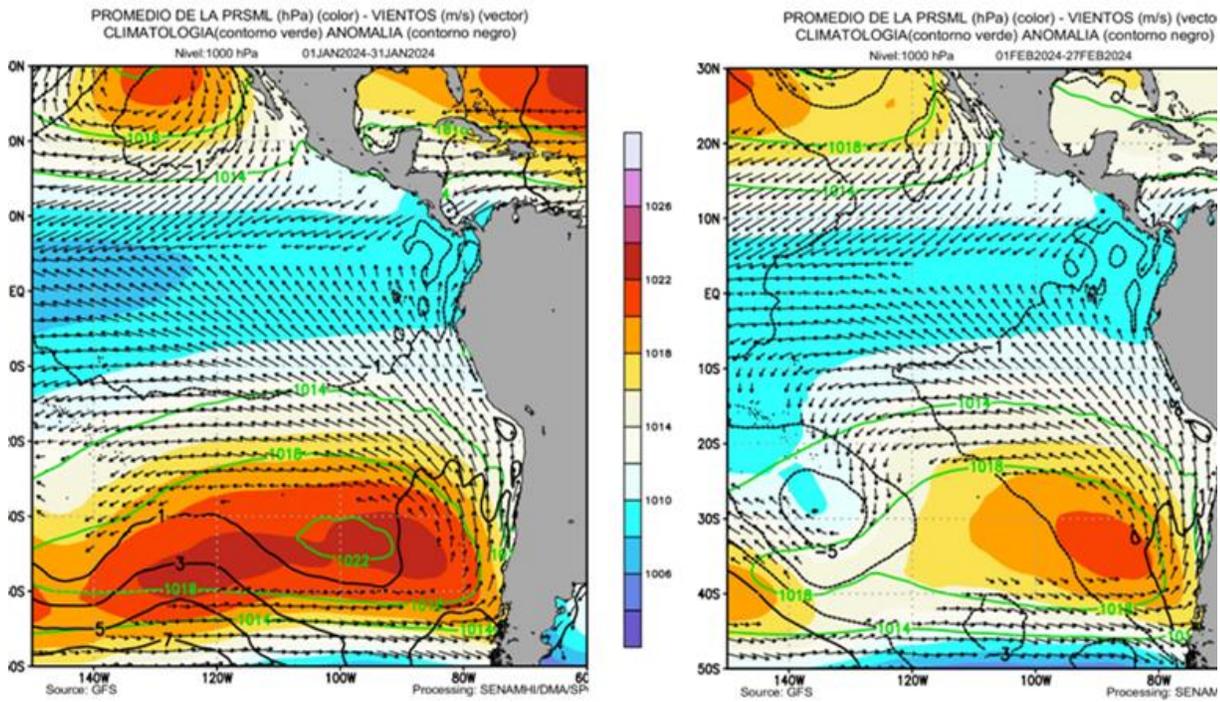


Figura 6. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 31 de enero (izq.) de 2024 y 01 al 27 de febrero (der.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

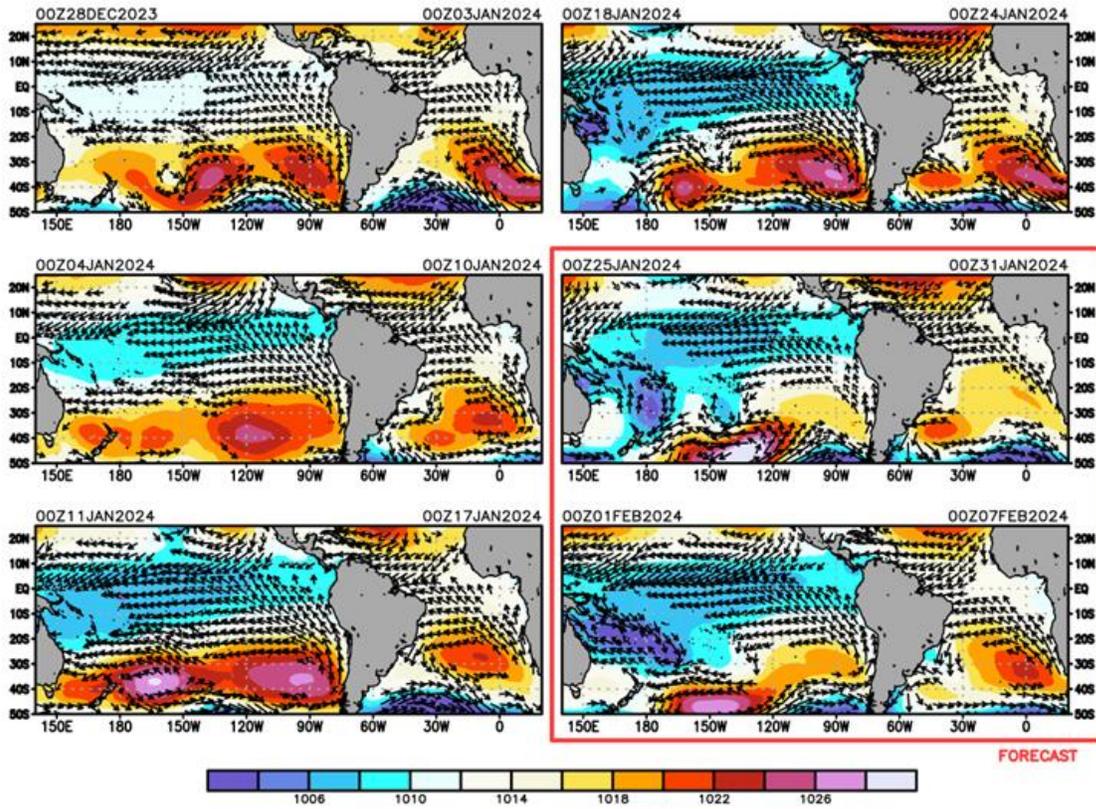


Figura 7. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 1 de febrero del 2024 al 28 de febrero de 2024. Pronóstico: del 29 de febrero al 13 de marzo del 2024. Procesamiento: SENAMHI

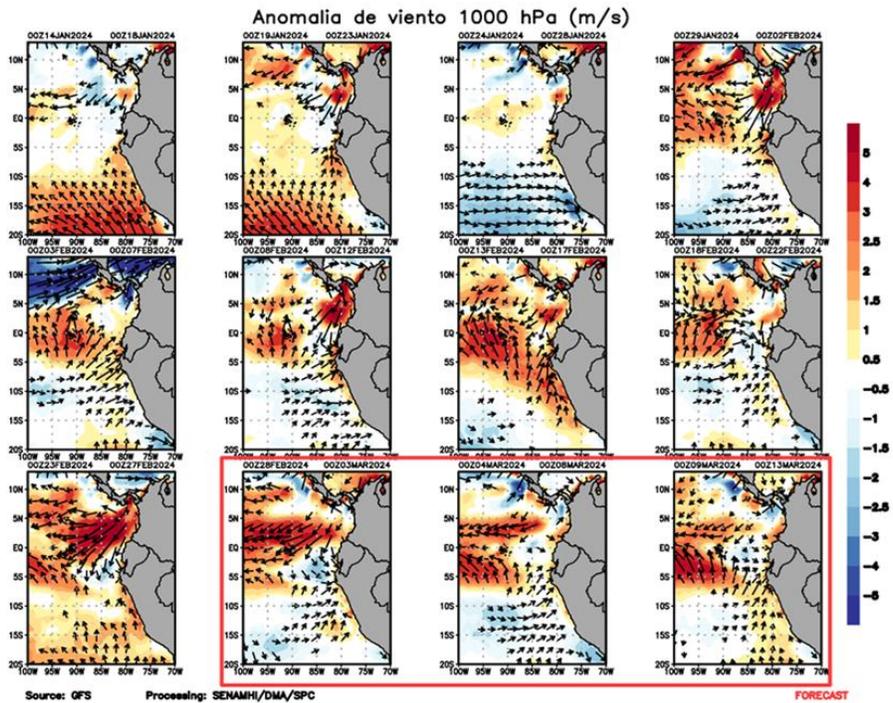


Figura 8. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 14 de enero 2023 al 27 de febrero de 2024. Pronóstico: del 28 de febrero al 13 de marzo del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

Preliminarmente, para el trimestre DEF 2023-2024, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango normal (+1,0 hPa) y se ubicó desplazado al este de su posición normal. Con respecto al trimestre NDE, el APS presentó un debilitamiento de su intensidad y un desplazamiento al este, pasando del rango intenso al rango normal. Para febrero, el APS alcanzó una intensidad de alrededor de 1021,5 hPa y una anomalía de -1,1 hPa, descendiendo respecto a enero y a diciembre, mientras que su ubicación continuó al este de su posición normal (**Figura 9**).

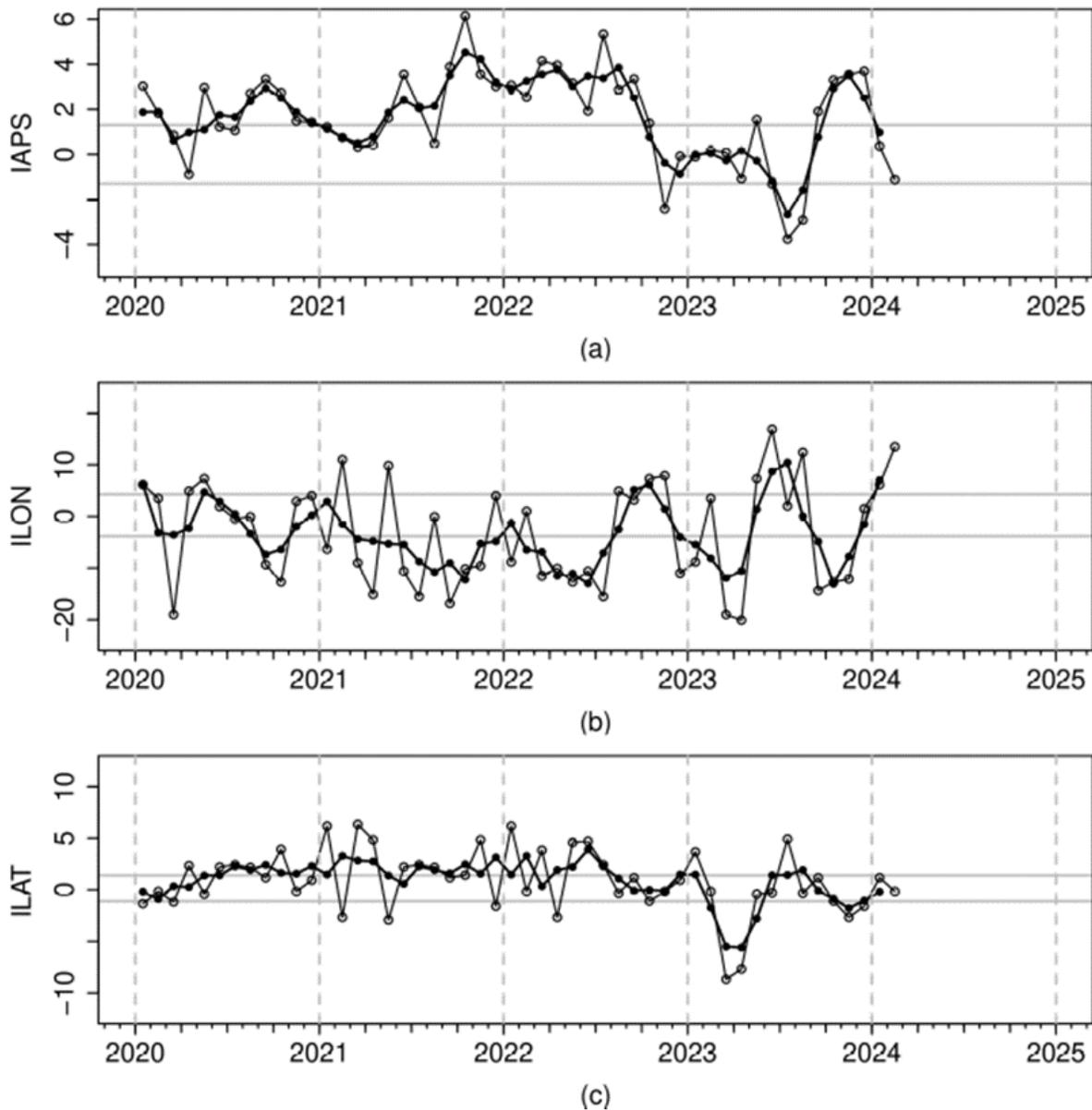


Figura 9. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2023-2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta enero 2024 (preliminar). Climatología 1991 – 2020.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante febrero hasta el día 26, en la zona oceánica, predominaron vientos superficiales débiles ($< 4,1 \text{ m s}^{-1}$) con anomalías de VV $< -2,0 \text{ m s}^{-1}$ y de dirección oeste, principalmente desde el 01 al 10 de febrero. Esta condición varió del 11 al 20, presentándose anomalías de la VV positivas frente a la costa central principalmente, mientras que a partir del 25 se detectó un nuevo incremento de la VV con anomalías del norte frente a la costa norte (**Figura 10**). En la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron en promedio vientos superficiales moderados (de $4,1$ a $6,8 \text{ m s}^{-1}$) a fuertes ($> 6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de velocidad del viento (VV) en el rango neutral a positivas ($> +1,0 \text{ m s}^{-1}$), principalmente desde Paita a San Juan de Marcona, y VV en el rango neutral (entre $\pm 1,0 \text{ m s}^{-1}$) de San Juan de Marcona hacia el sur. Al norte de los 5° S se registraron anomalías de vientos del norte entre el 21 a 25 de febrero (**Figura 11**). El afloramiento costero se mantuvo intenso frente a Talara – San Juan de Marcona ($> 200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m), en promedio, predominando las anomalías positivas en la zona norte. De San Juan de Marcona hacia el sur, el índice de afloramiento costero se debilitó y sus anomalías negativas aumentaron con respecto a enero. Respecto al bombeo de Ekman, se registraron anomalías negativas en la primera semana y en la tercera semana de febrero, asociadas al debilitamiento relativo del viento oceánico (**Figura 12**).

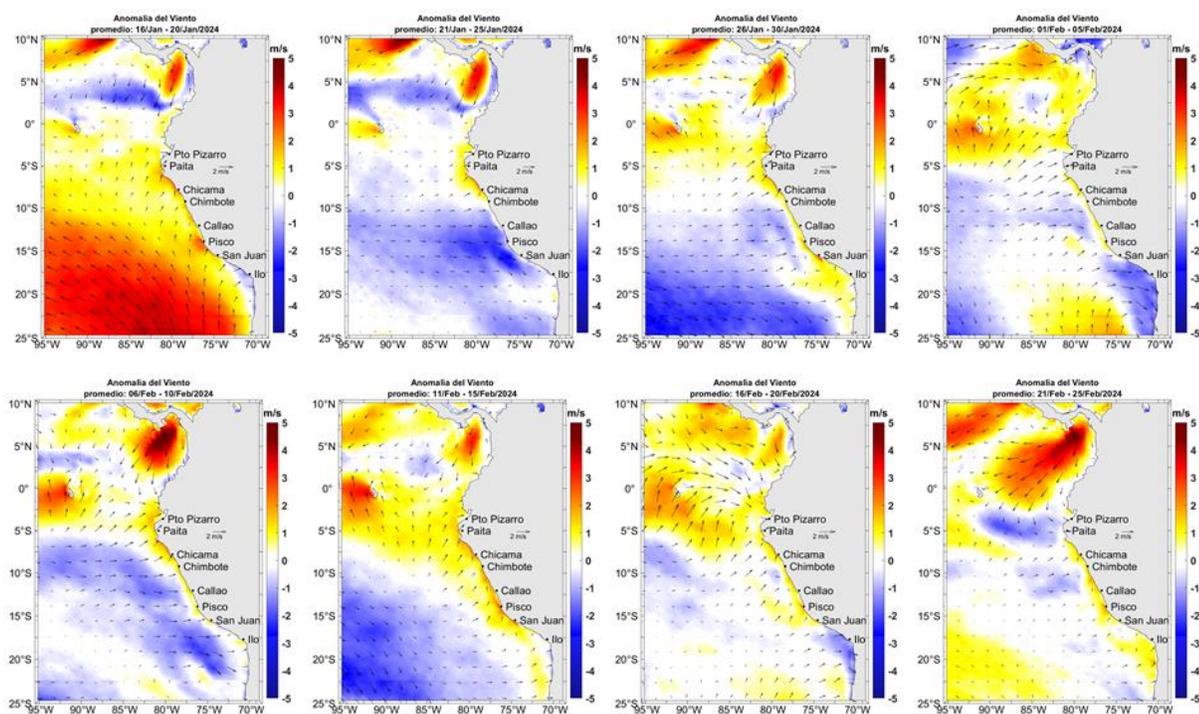


Figura 10. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (15 de enero al 25 de febrero 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

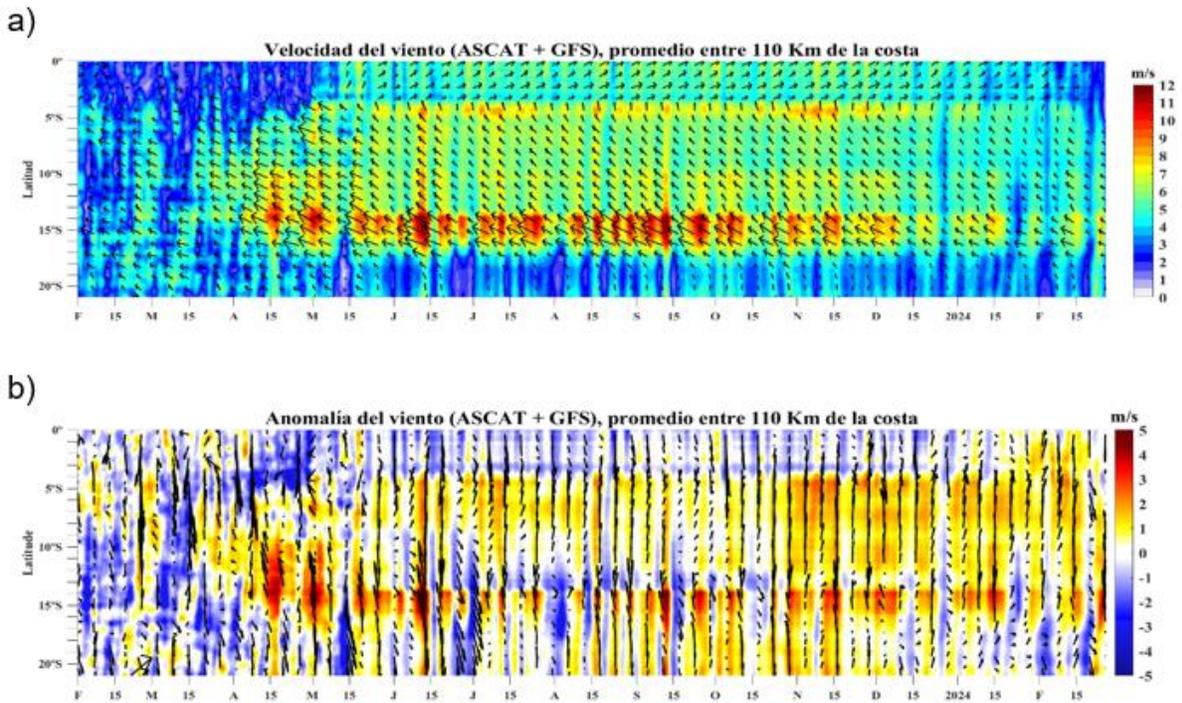


Figura 11. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalia de la velocidad del viento ($m s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 26 de febrero.

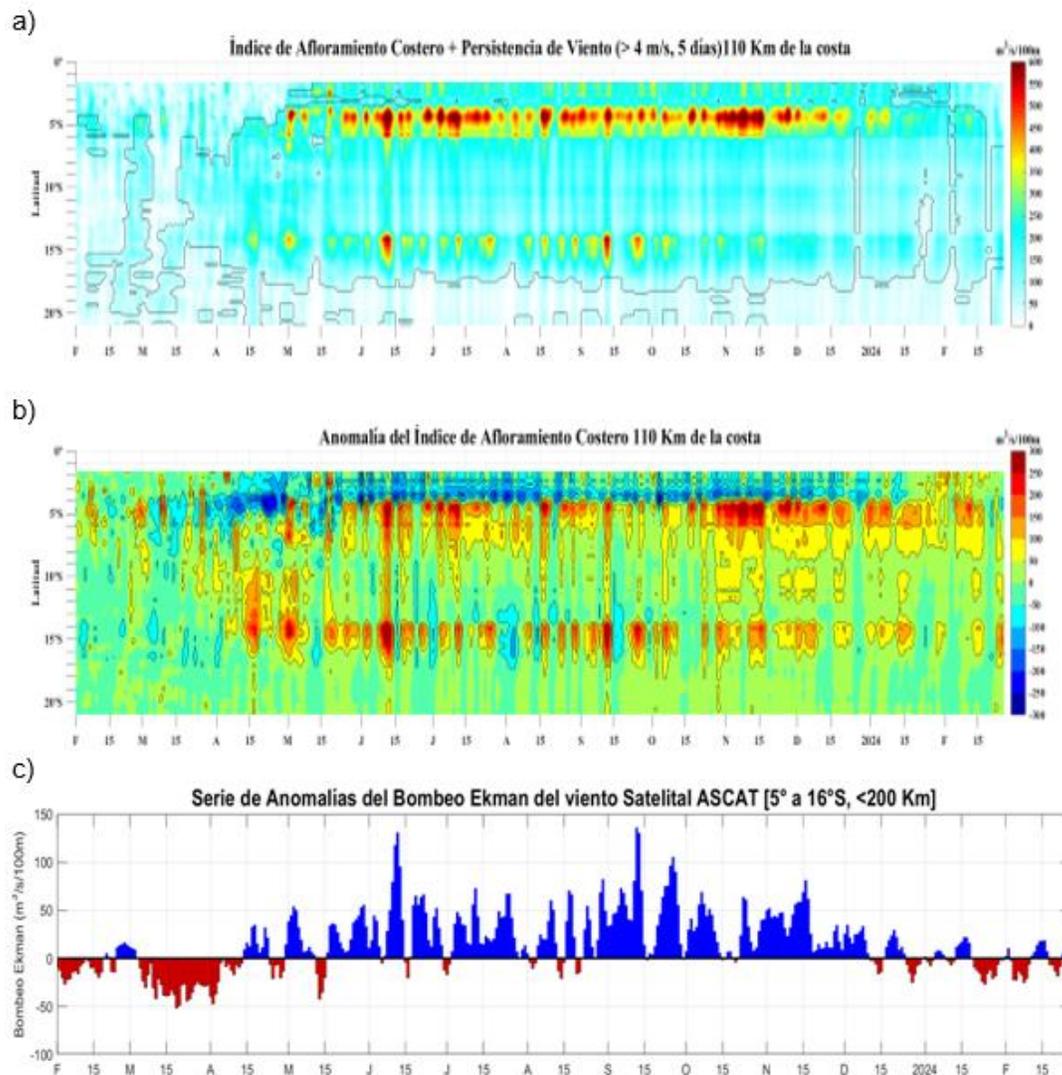


Figura 12. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 26 de febrero.

En lo que va de febrero, a lo largo del litoral, tanto las temperaturas máximas como las temperaturas mínimas presentaron incrementos de $+0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ y $+0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente, en comparación con el promedio de enero de 2024. Este calentamiento es debido principalmente al calentamiento de la Temperatura Superficial del mar (TSM) influenciado por la desintensificación de los vientos alisios (viento del sur/sureste), asociado al debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y a la escasa cobertura nubosa durante el día. Cabe resaltar que aún nos encontramos en el contexto de El Niño Costero.

A lo largo del litoral, las temperaturas máximas han superado los valores normales, con anomalías promedio de $+1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa norte, $+2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa central y $+1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa sur. Las condiciones más cálidas fueron registradas en la estación Trujillo-La Libertad, con una anomalía promedio de $+2,8 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa norte; en la estación Campo de Marte en Lima, con $+3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa central; y en la estación Fonagro Chincha-Ica con $+2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en la costa sur.

En cuanto a las temperaturas mínimas, se observaron condiciones cálidas en la costa norte y central, con anomalías promedio de +1,5 °C y +2,0 °C respectivamente. La costa sur presentó anomalías dentro de su variabilidad climática, con valores en un rango de ($\pm 1^\circ\text{C}$). Los mayores valores registrados fueron de hasta +2,1 °C, +3,3 °C y +2,2 °C en las estaciones Talla Guadalupe-La Libertad (costa norte), Huarmey-Ancash (costa central) y La Yarada-Tacna (costa sur), respectivamente. **(Figura 13).**

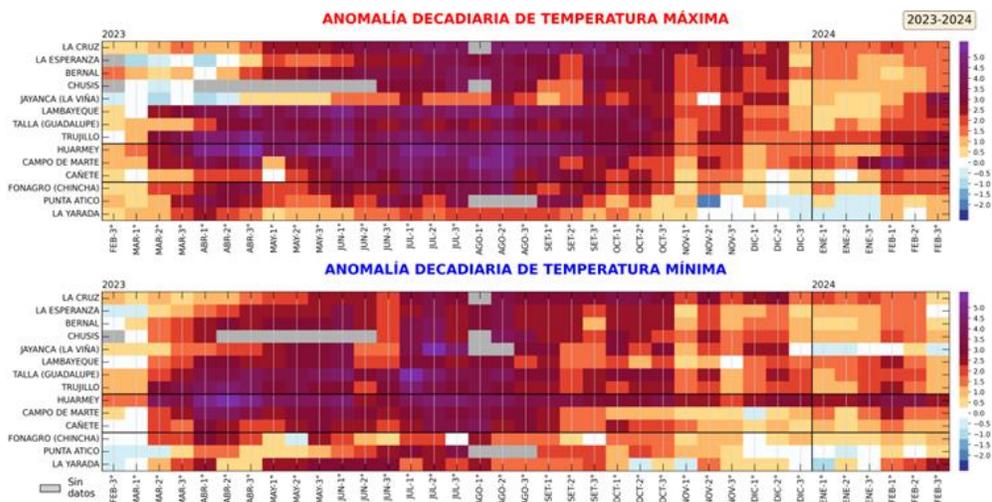


Figura 13. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano continuó aumentando, extendiéndose la isoterma de 27 °C desde la frontera norte hasta los 12°S, a 50 mn de costa. Estos valores de temperatura mostraron un incremento de las anomalías positivas frente a toda la costa de Perú, con núcleos de 3 °C frente a la costa norte y centro, dentro de las primeras 100mn **(Figura 14)**. En el norte la temperatura promedio fue de 26 °C, entre las 50 millas y 100 millas, manifestando mayor anomalía cerca de las 100mn

A otra escala, en el litoral centro de Perú la TSM reflejó un calentamiento desde la segunda quincena de enero 2024 y alcanzando una anomalía de +2 °C en el litoral Paita-Callao y frente a Ilo; asimismo, frente al resto de la costa predominaron anomalías cálidas superiores a 1 °C. Por otro lado, frente a zona norte y centro se presentó una disminución de la anomalía de la TSM en la última semana de febrero **(Figura 15)**.

Según información *in situ* registrada desde el 18 al 25 de febrero entre la costa y las 100 mn desde Zorritos hasta Pimentel, frente a Punta Aguja se presentaron los valores extremos de 28 °C y 25 °C, mar adentro y cerca de la costa, respectivamente. Además, en toda la región prospectada se detectaron anomalías de TSM entre cerca de cero y +4 °C, con un pequeño núcleo máximo frente a Paita **(Figura 19)**. En promedio, la TSM y ATSM observadas fueron superiores en 1 °C a la registrada por OSTIA alrededor de las mismas fechas **(Figura 14)**.

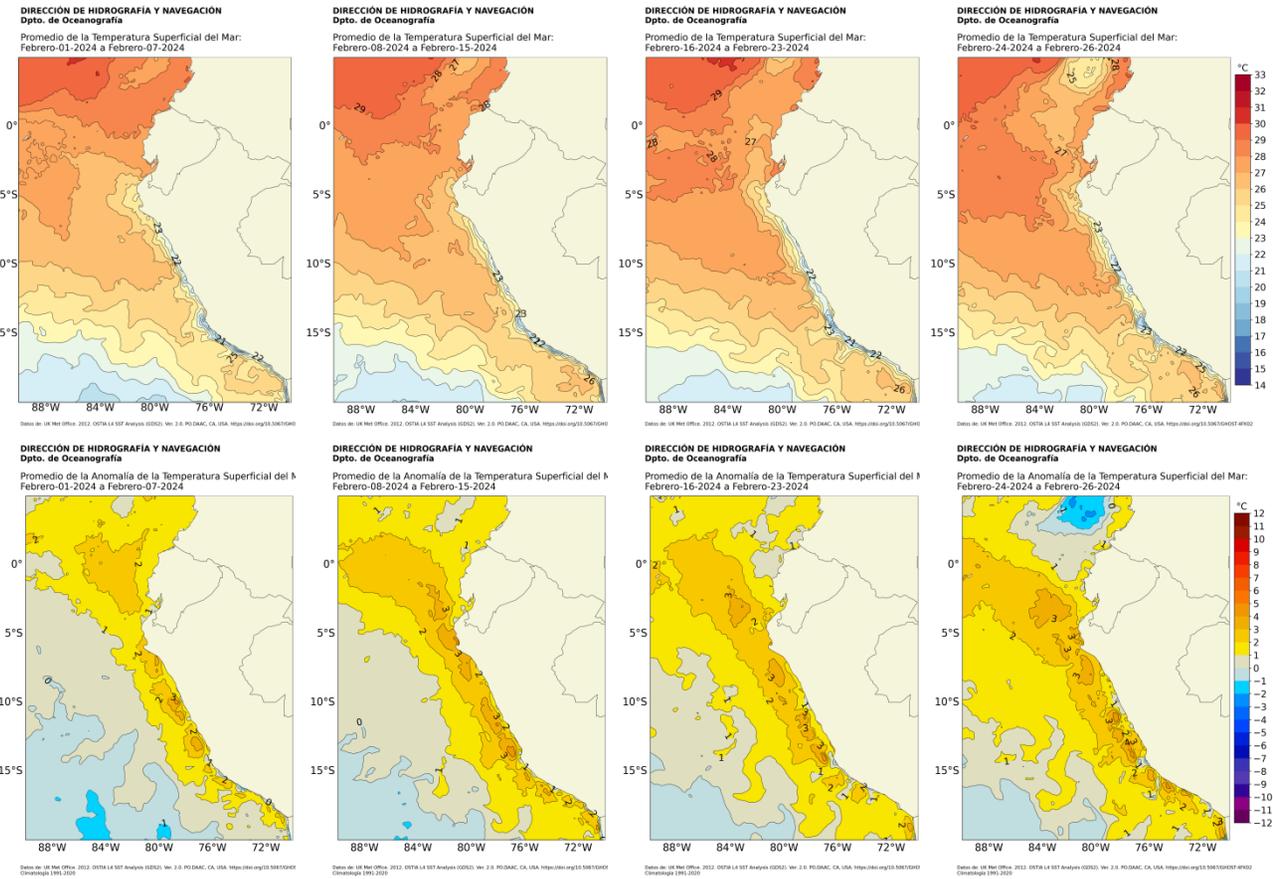


Figura 14. Distribución semanal de la a) temperatura y b) anomalía de la temperatura superficial del mar durante febrero 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

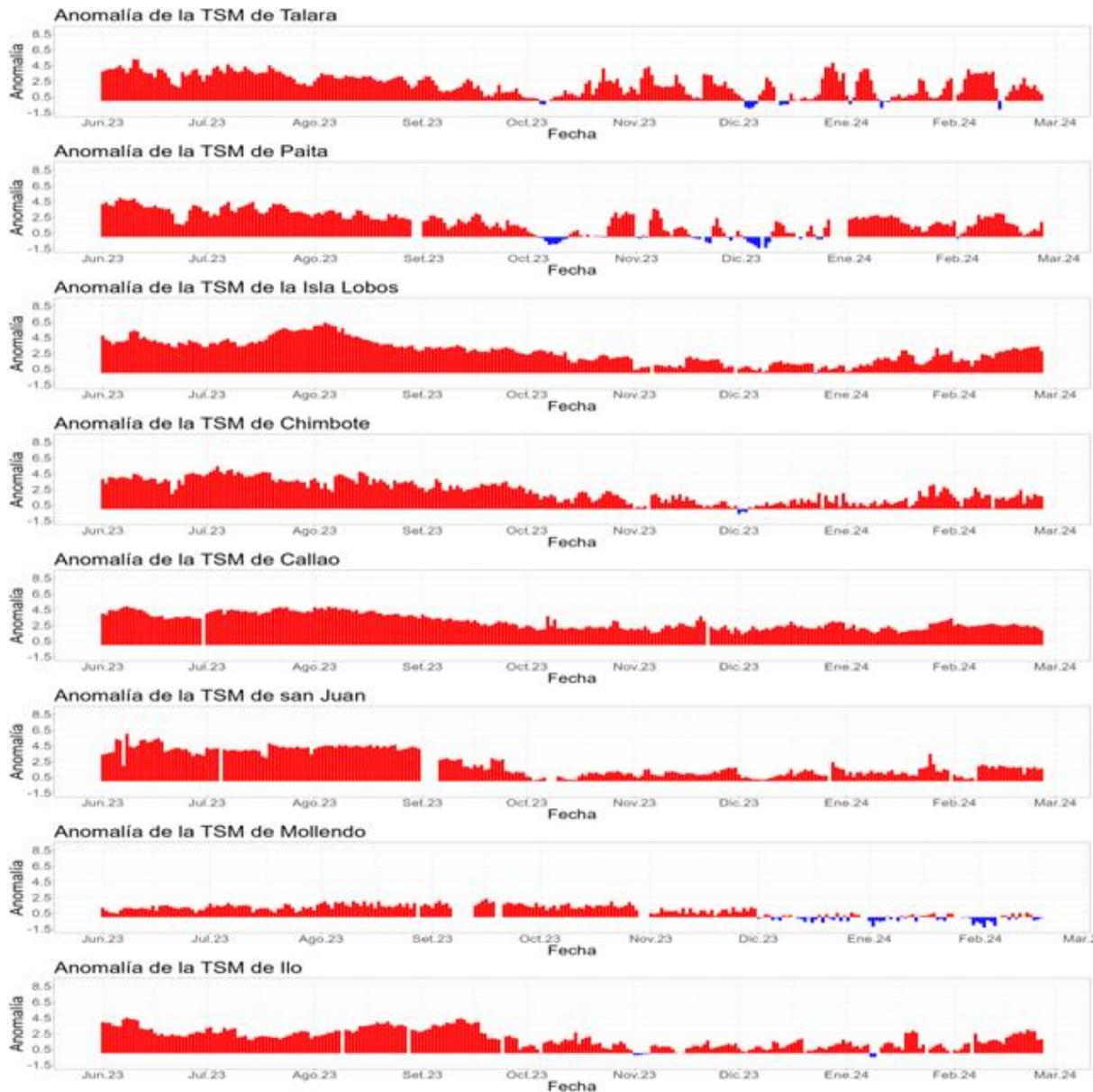


Figura 15. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a febrero 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

La ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) iniciada el 28 de enero dentro de la franja de las 150 mn costeras, alcanzó su expansión máxima en dicha franja el 13 de febrero ($3,53 \times 10^5 \text{ km}^2$, $4 - 18,5^\circ \text{ S}$) (**Figura 16**). Entre el 14 y 20 de febrero, la cobertura de la OCM se redujo, para luego mantenerse con pocas variaciones hasta el día 26, en un 50 % de la cobertura máxima registrada ($1,85 \times 10^5 \text{ km}^2$). Al final del período, se aprecia que la OCM se distribuye en dos núcleos, uno fuera de las 50 mn de distancia frente a la costa norte-centro, aproximándose a la costa de Pisco; y otro, fuera de las 30 mn frente a la costa sur.

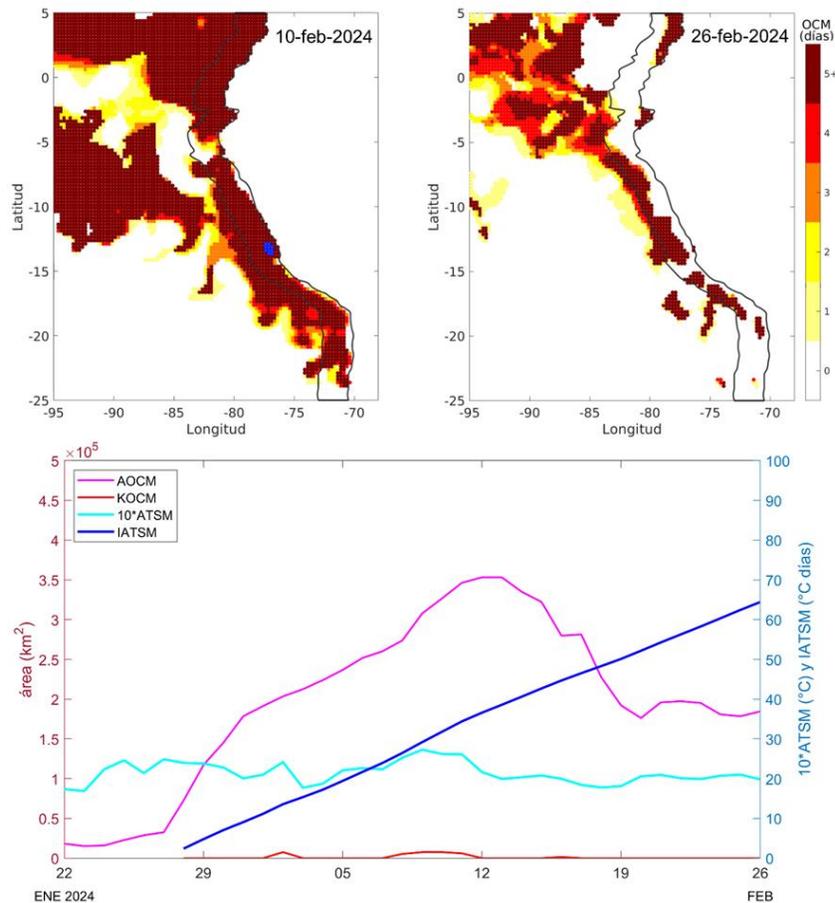


Figura 16. Distribución espacial de la ola de calor marina (OCM) entre los 2° S y 25° S, 70° W y 85° W el 10 de febrero del 2024 (a) y el 26 de febrero del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); los círculos con relleno azul indican que allí la OCM supera la anomalía de +4 °C. 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 (KOOCM, Km^2); anomalía diaria de la TSM; y anomalía acumulada (IATSM; $^{\circ}\text{C} \times \text{días}$). El inicio de la OCM fue el 28 de enero del 2024 y la anomalía acumulada es de 64,41° C días al 26 de febrero 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, a partir de la segunda semana de febrero disminuyeron paulatinamente desde el sector ecuatorial hacia el sur, asociado al paso de la onda de Kelvin (OK) fría. En el sector costero peruano, la disminución de las ANM fue más significativa al norte de Huarmey, alcanzando valores menores a +10 cm y de hasta +6,5 cm (Tumbes) (**Figura 17** y **Figura 18**).

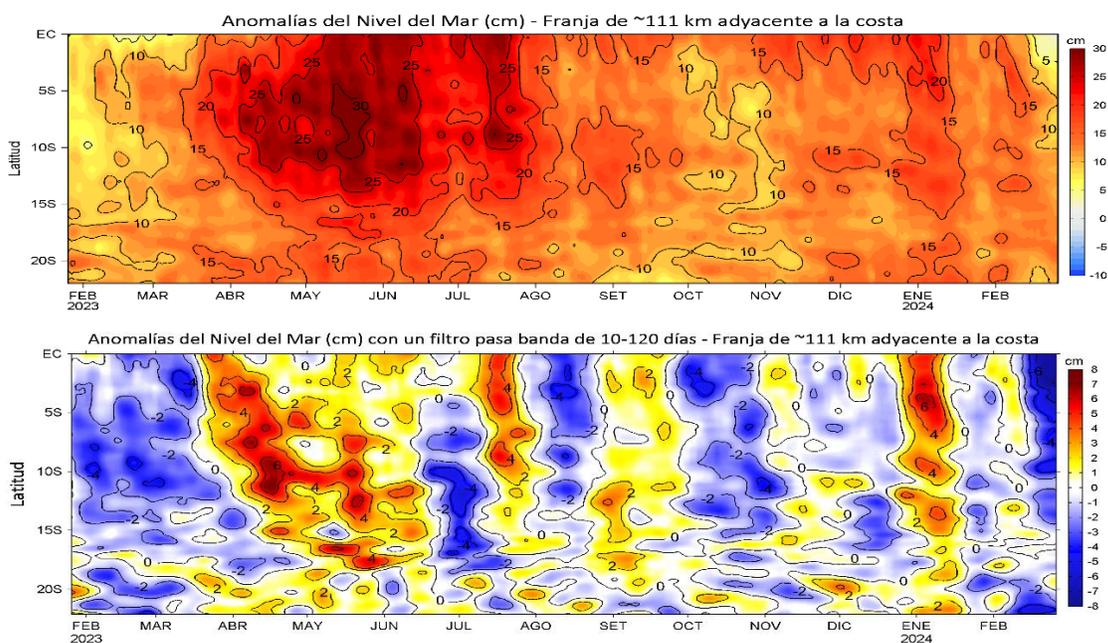


Figura 17. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 26 de febrero 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

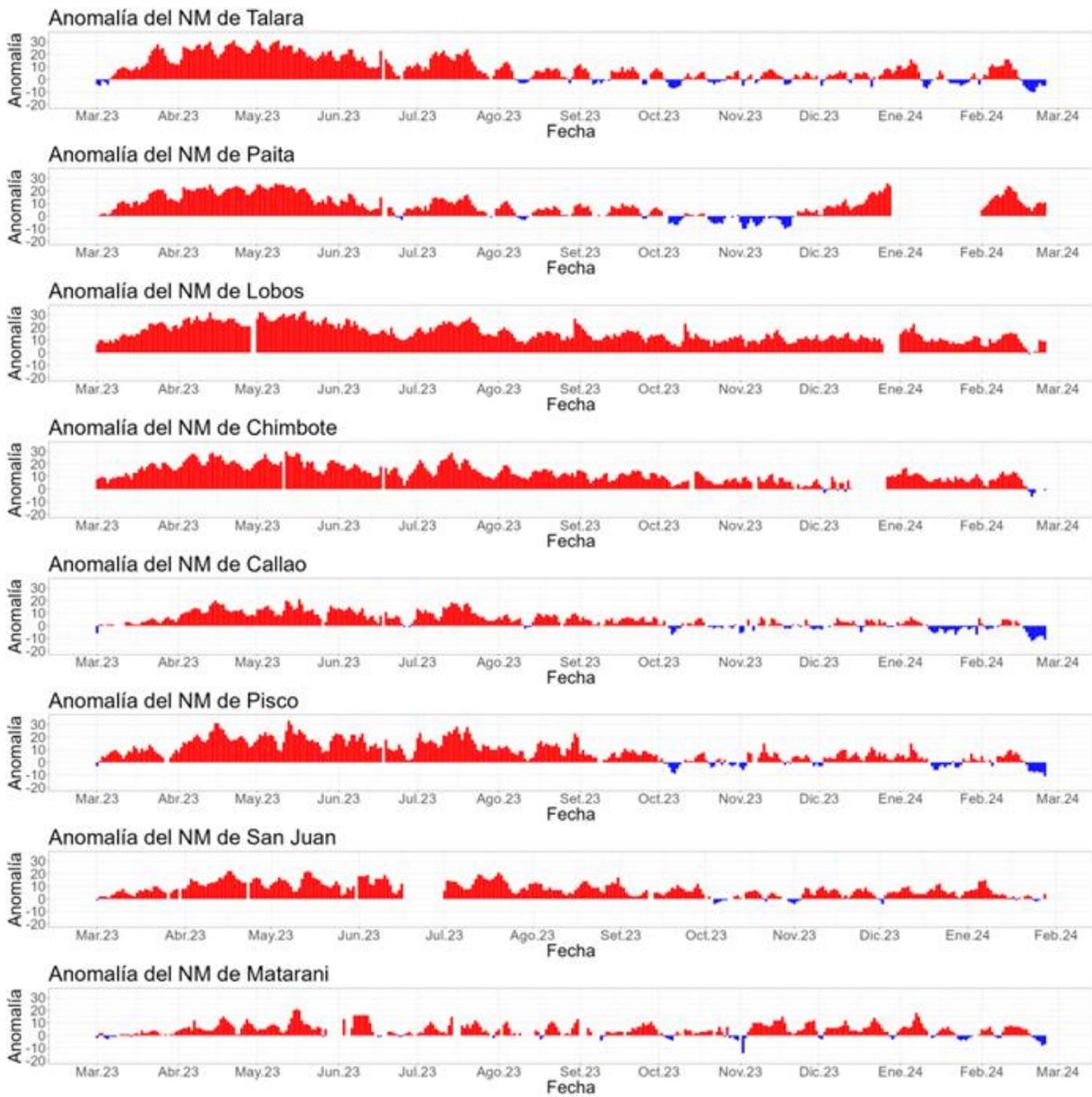


Figura 18. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de marzo 2023 a febrero 2024.
Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

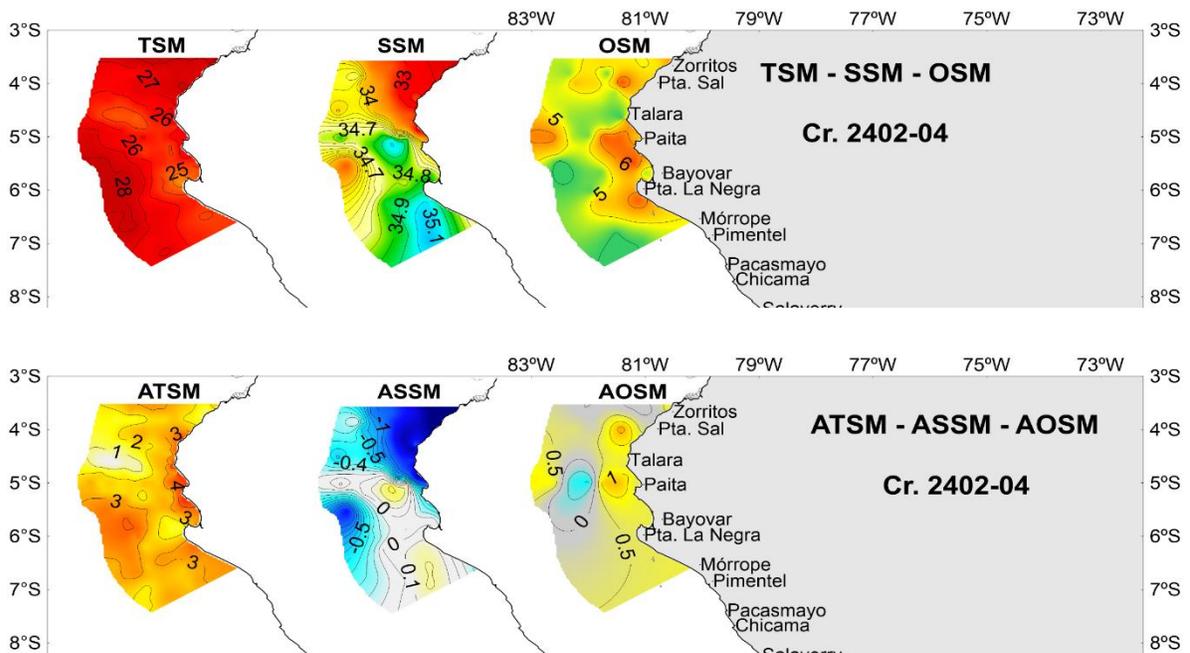
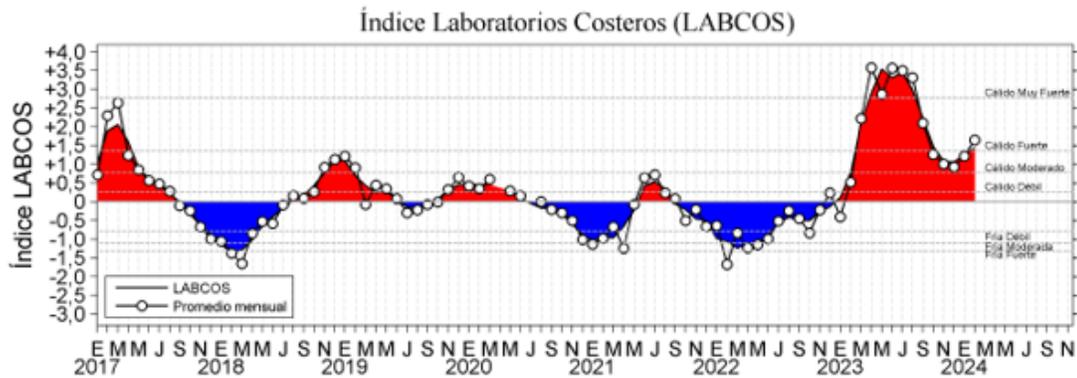


Figura 19. a) TSM (°C), SSM y OSM; b) ATSM (°C), ASSM y AOSM, registrado durante el Crucero de Pelágicos Cr. 2402 – 04. Registrado del 18 al 25 de febrero del 2024.

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 Paíta hasta Ilo, mostró un valor temporal de +1,43 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, presentó un valor temporal de +1,1 para febrero, correspondiente a condiciones cálidas. Para ambos índices, el valor de febrero fue mayor al determinado para enero (**Figura 20**).

a)



b)

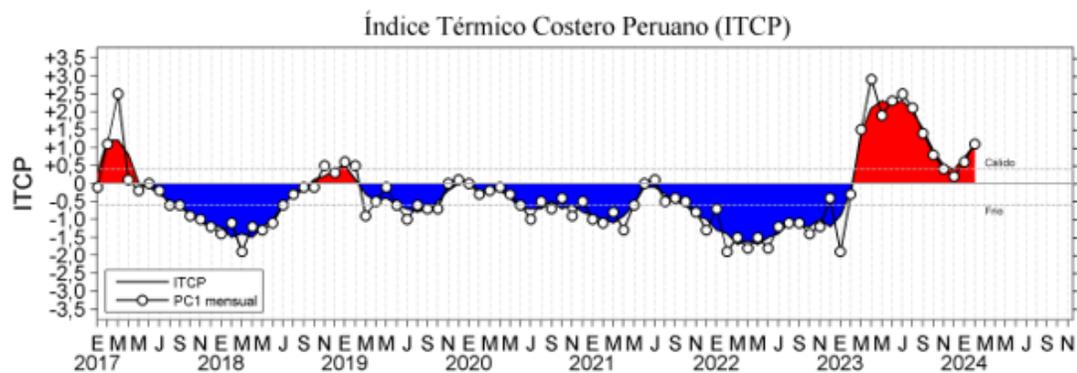
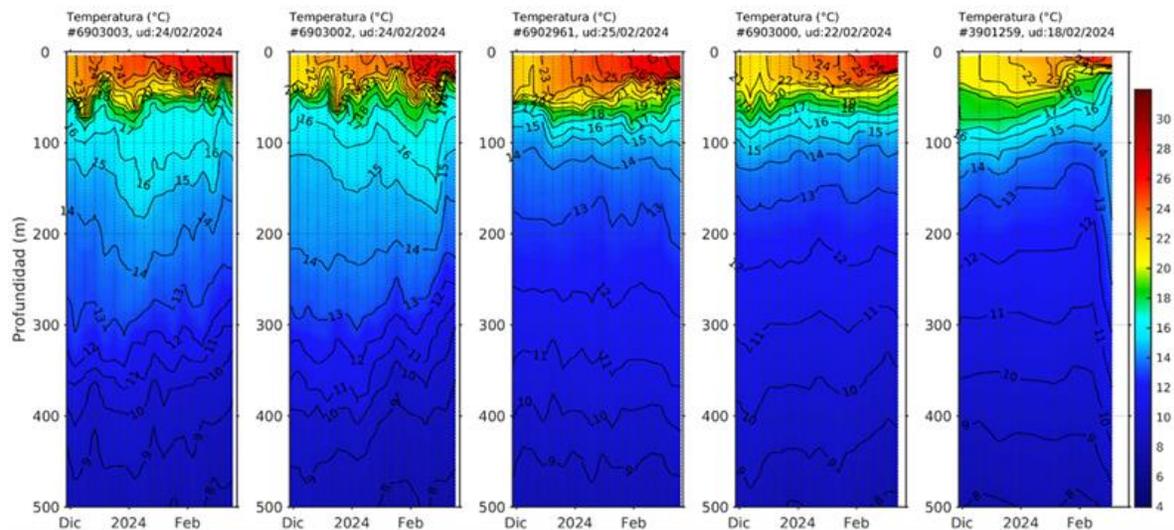


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2023.

Respecto a la temperatura subsuperficial, frente a Tumbes entre las 100 y 220 mn frente a la costa se observaron anomalías entre +0,5 y +4 °C sobre los 300 m de profundidad principalmente en la primera quincena de febrero, asociado al paso de las últimas ondas Kelvin cálidas. En la tercera semana del mes se detectó una rápida elevación de las isotermas, generando anomalías entre -1 °C y cercanas a cero entre los 40 y 300 m y restringiendo las anomalías positivas a la capa sobre los 30 m. Frente a la costa central, entre las 120 y 300 mn, durante el mes se observó una reducción de las anomalías positivas sobre los 100 m de profundidad (**Figura 21**). Asimismo, en la tercera semana de febrero, entre Puerto Pizarro y Paita, dentro de las 30 mn frente a la costa, se detectaron anomalías entre +0,5 °C y +2 °C sobre los 150 m de profundidad principalmente; mientras que por debajo de esta capa hasta los 500 m de profundidad se observaron anomalías de hasta -1 °C; a 100 mn de la costa, la capa de anomalías negativas se ubicó por debajo de los 350 m (**Figura 22** y **Figura 23**). Estos cambios se vieron reflejados en un fuerte ascenso de la termoclina entre la primera y tercera semana de febrero, ubicándose finalmente alrededor de su posición climatológica dentro de las 30 mn frente a Paita (**Figura 24**). Considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, la reducción de la capa con anomalías térmicas positivas sobre los 50 m de profundidad ha sido más rápida que la observada en el mismo período durante la fase final de El Niño 2015-2016 (**Figura 25**).



Ubicación de los perfiladores Argo, durante los últimos 60 días

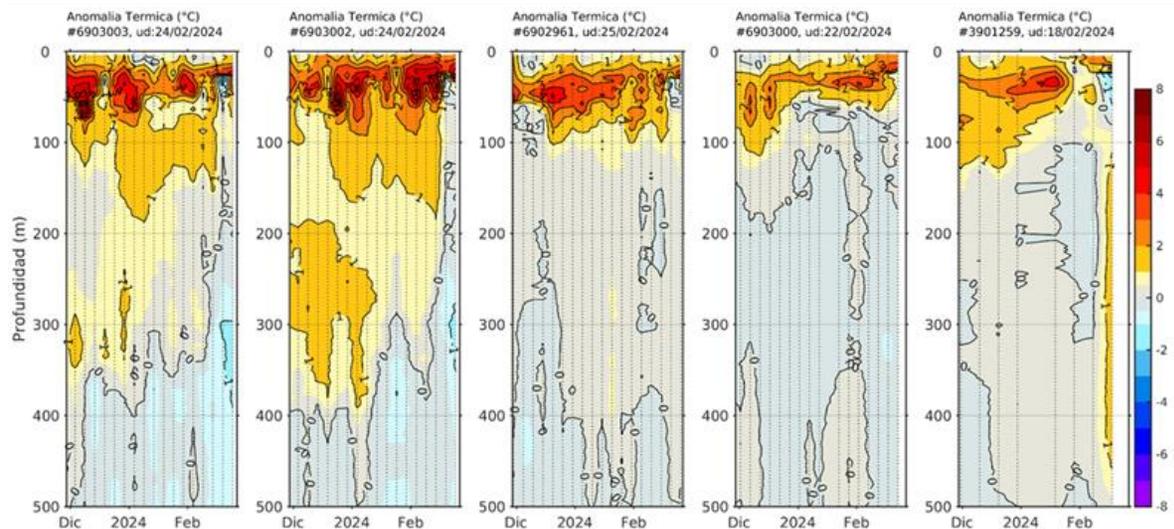
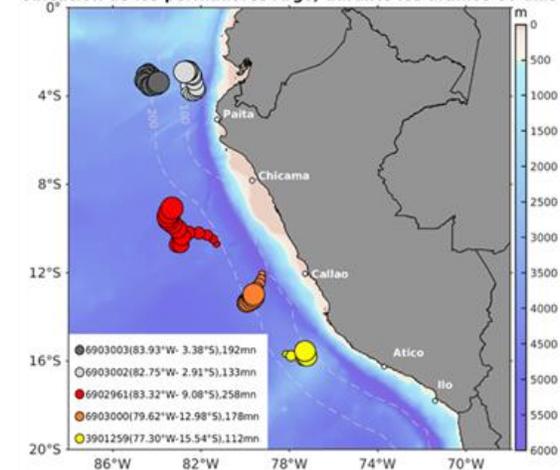


Figura 21. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (julio-agosto). Climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

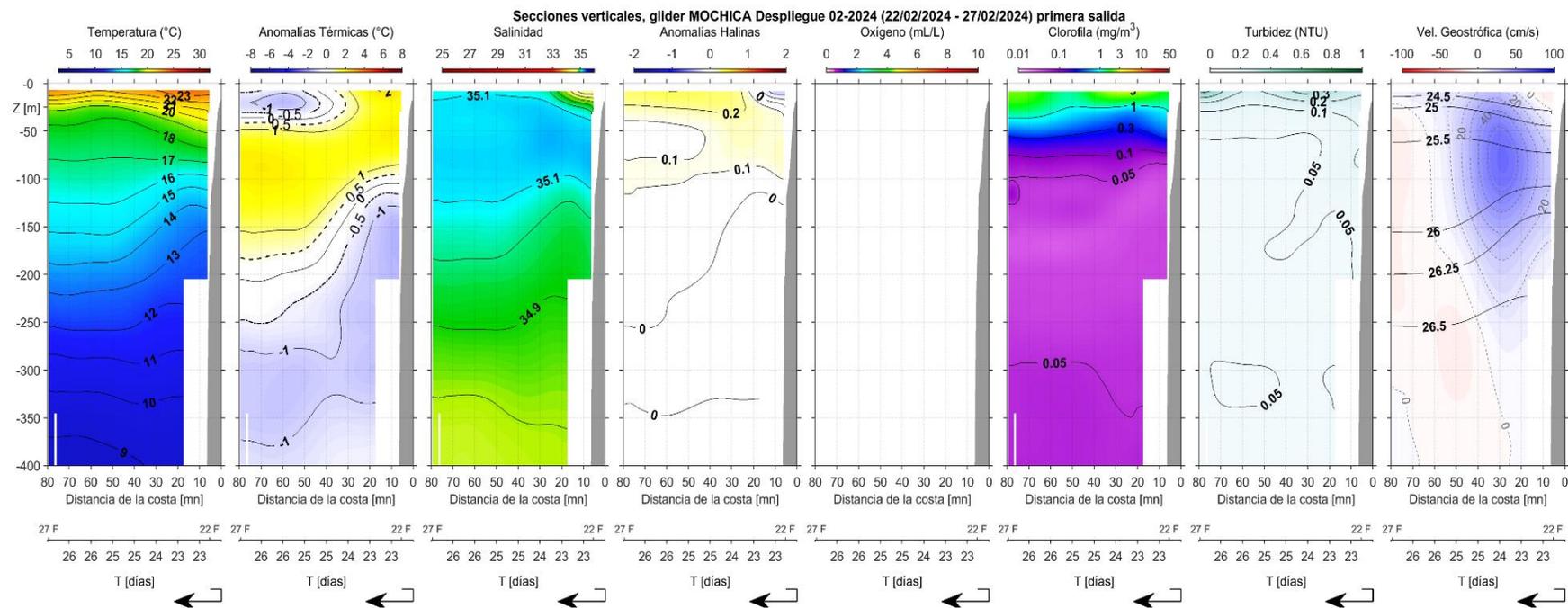


Figura 22. Sección vertical de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L⁻¹), clorofila (mg m⁻³) y turbidez (NTU); así como, (b) corrientes marinas (cm s⁻¹) integradas del glider Mochica en su recorrido frente a Negritos – Talara, registrados del 22 al 27 de febrero

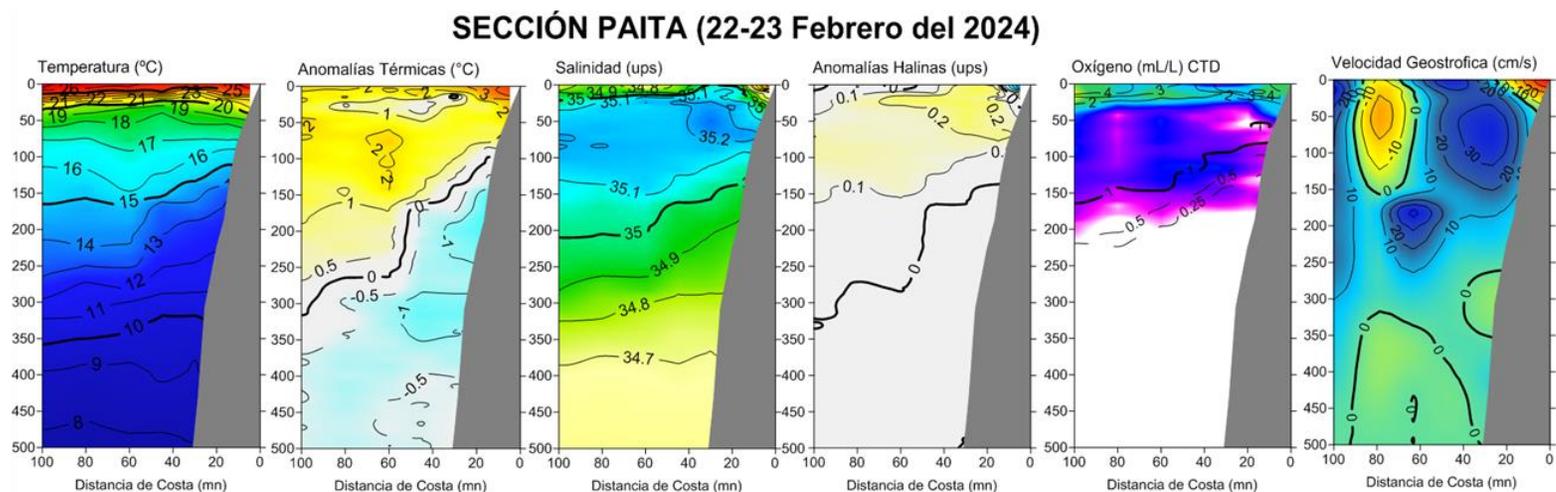
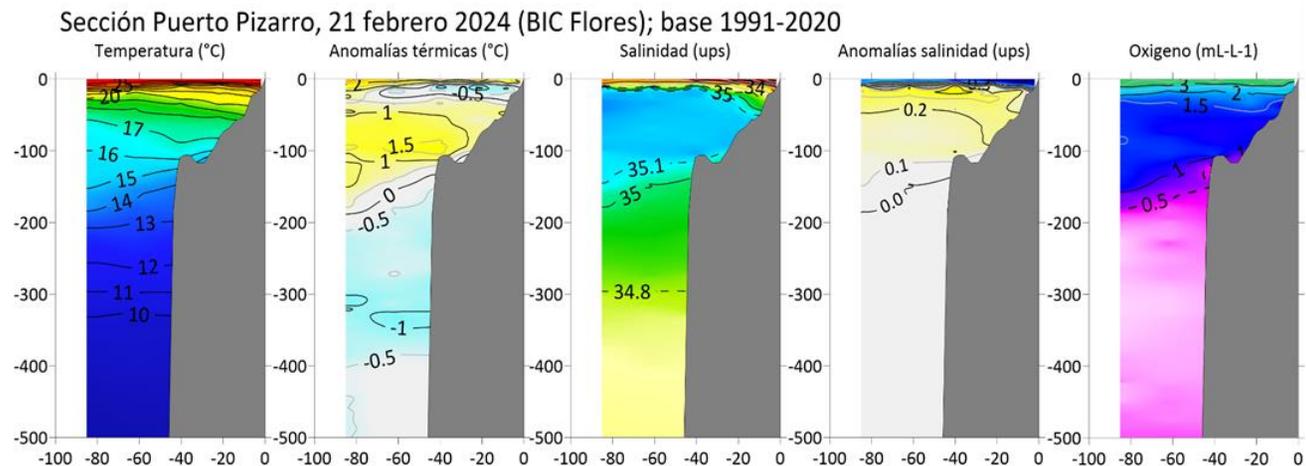


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Puerto Pizarro y Chimbote dentro de las 100 mn, entre el 21 y 23 de febrero de 2024. Climatología: 1991-2020.

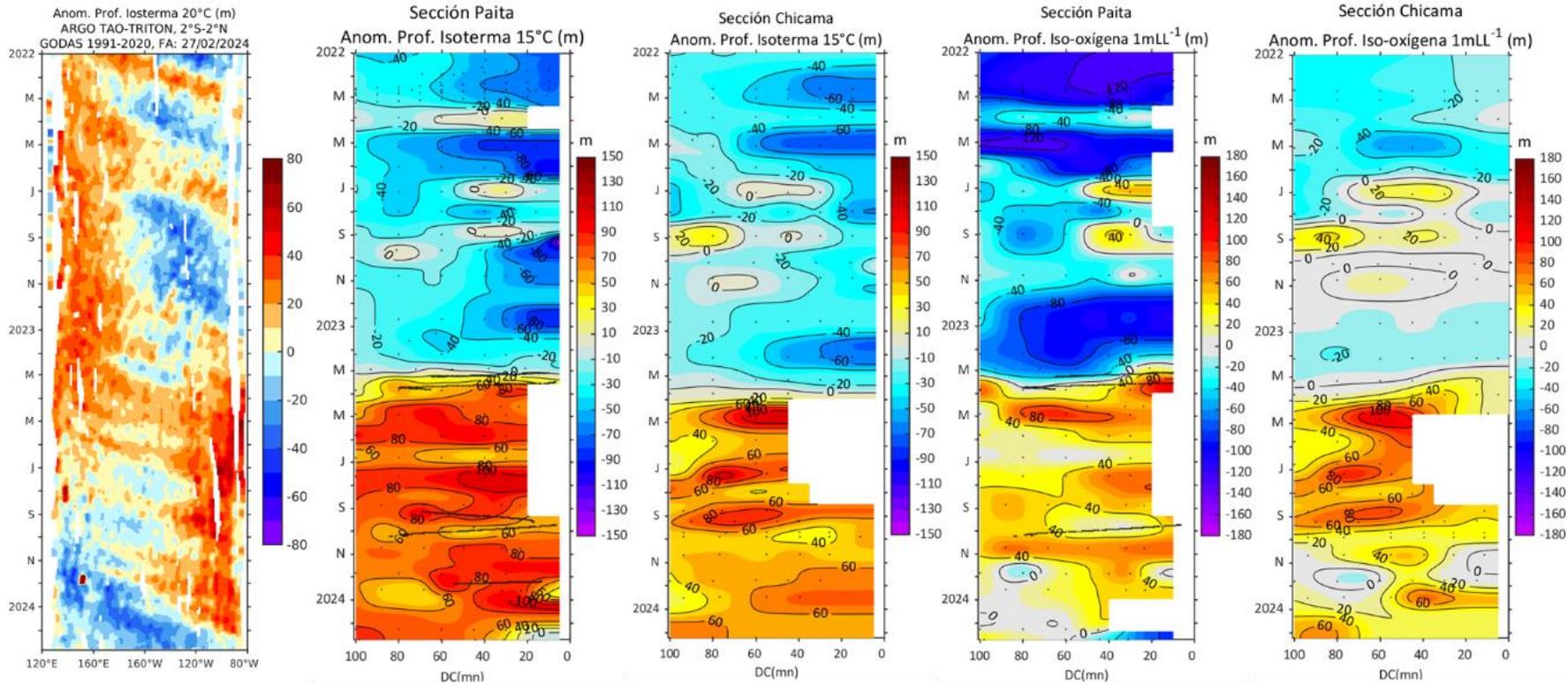


Figura 24. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

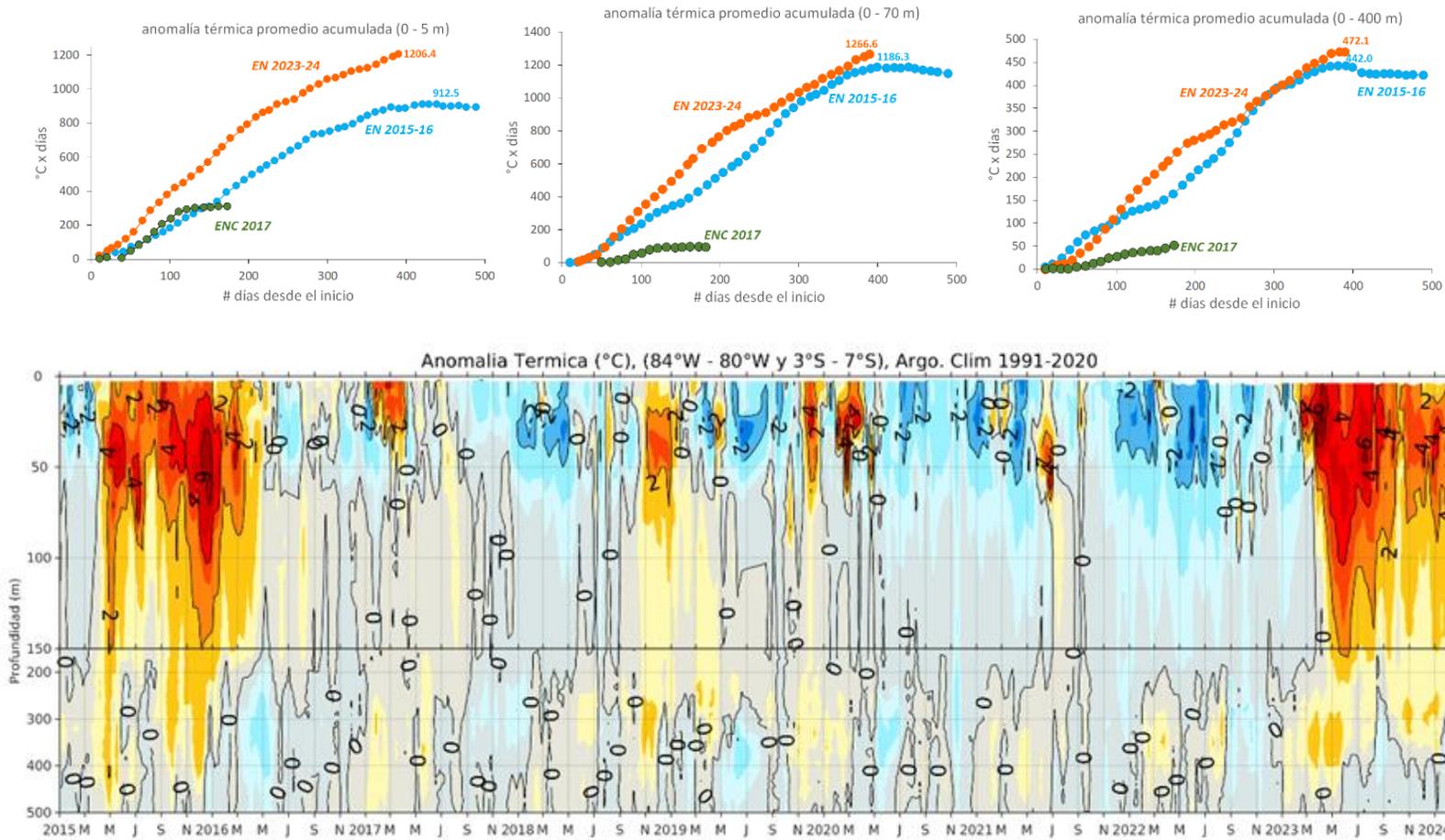


Figura 25. Arriba: anomalías acumuladas desde el inicio del evento en las capas de 0-5 m, 0-70 m y 0-400 m, para los eventos El Niño 2015-2016, El Niño Costero 2017 y el evento actual (2023 hasta la fecha) en base a registros de perfiladores Argo entre los 84°W – 80°W y 03°S – 07°S. Las cifras asociadas a las series corresponden a los valores máximos alcanzados en EN 2015-16 y al último valor registrado durante EN 2023-24. bajo: Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente a la zona norte; climatología: 1991- 2020. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura continuó incrementándose durante febrero 2024 y se desarrolló la isoterma de 27 °C a partir de la segunda semana del mes, aumentando la anomalía cálida sobre los 20 m con 2 °C, presentando flujos de corriente marina hacia el sur. Asimismo, a 100 millas de Paita se presenta un ligero incremento de la temperatura superficial del mar durante febrero, alcanzando una anomalía de hasta 3 °C para la tercera semana del mes, reflejándose también el flujo predominante en dirección sur sobre los primeros 100 m de profundidad, relacionado a la presencia de las AES (**Figura 26**).

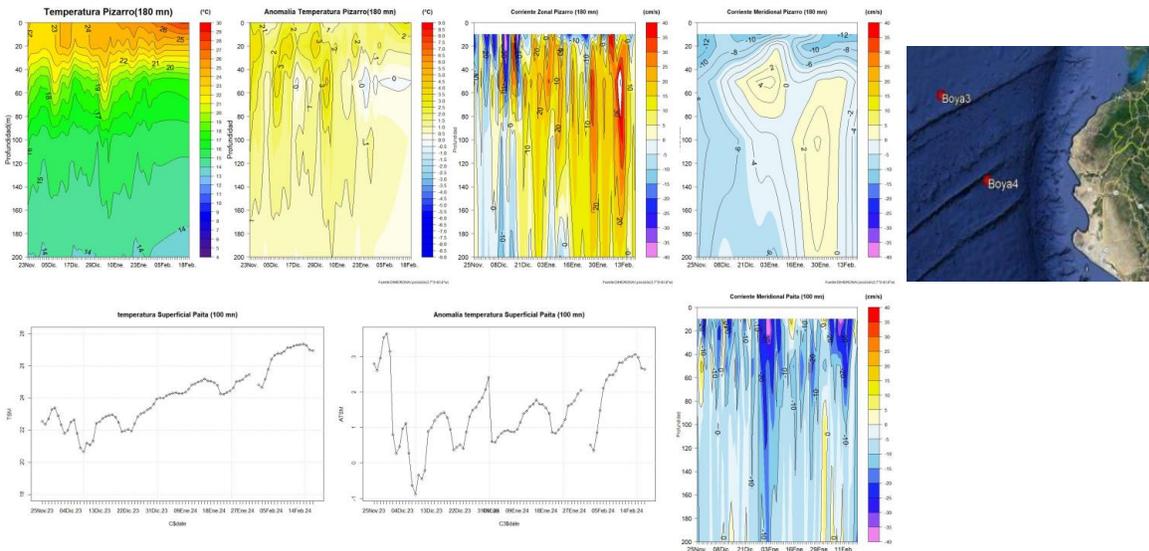


Figura 26. Secciones de temperatura del mar, anomalía de la temperatura y corriente zonal para la boya NAYLAMP 3 (a) y secciones de temperatura del mar, anomalía de la temperatura, salinidad del mar, anomalía de la salinidad, y corriente meridional de la boya NAYLAMP 4 (b). Periodo: 23 de noviembre 2023 a 18 de febrero 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica una ligera disminución de la temperatura hasta el 06 de marzo sobre los primeros 20 m de profundidad y por debajo de los 150 m, esperándose 23 °C en superficie y elevándose las isotermas a profundidad, desarrollando un núcleo negativo. Asimismo, a 100 millas la temperatura disminuiría sobre los 70 m, provocando la reducción de los núcleos positivos de anomalía y manteniéndose con 3 °C en los primeros 20 m. Por otro lado, frente a la costa centro, también se espera este mismo comportamiento, disminuyendo en 2 °C a 30 mn de Chicama y manteniendo 2 °C de anomalía sobre los primeros 20 m, y de 1 °C a 40 mn de Callao; mientras que, a 40 mn de Chimbote se espera la disminución alcance a desarrollar un núcleo negativo inclusive (**Figura 27**).

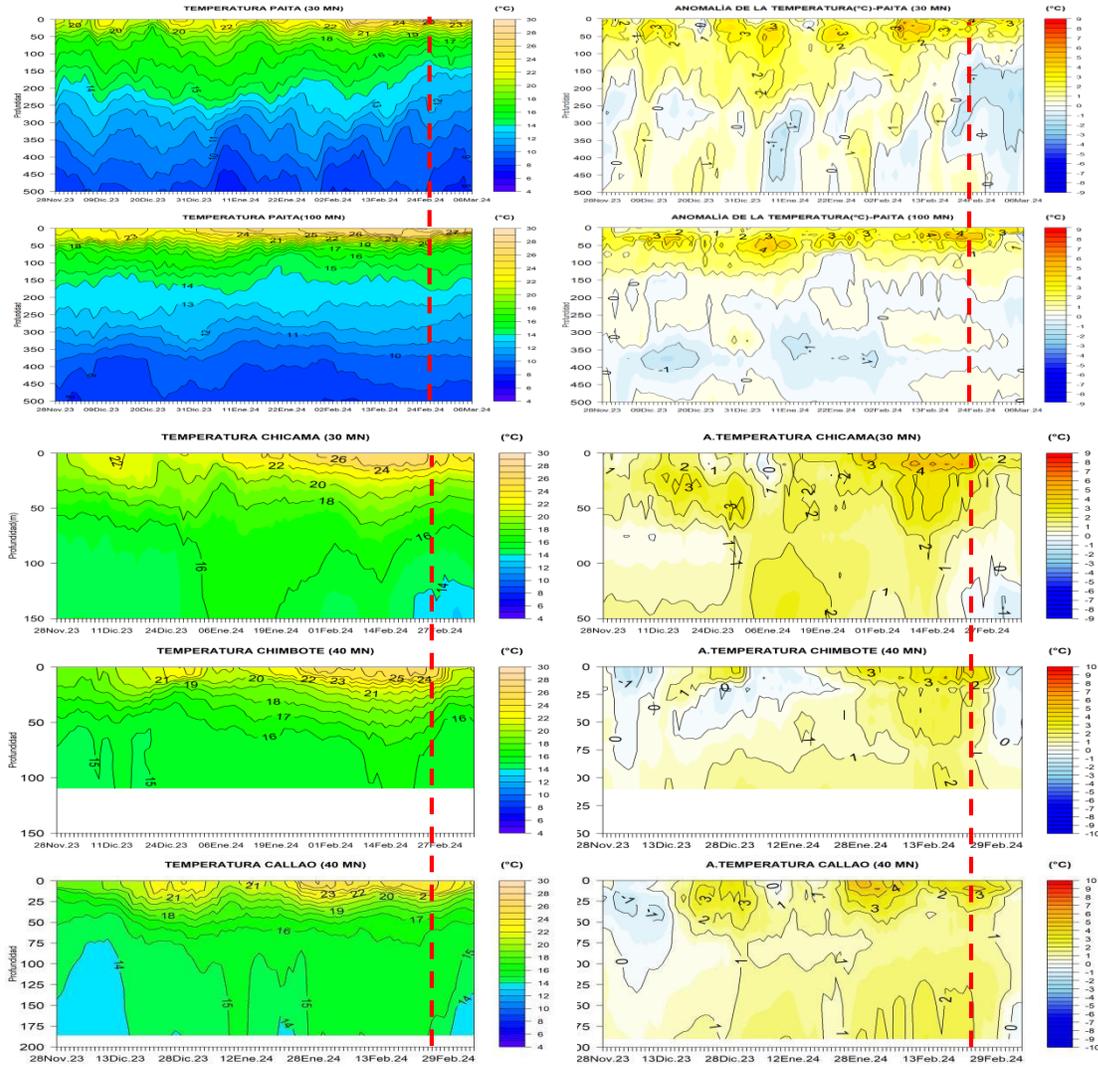


Figura 27. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30mn) y d) Chimbote (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), de acuerdo con el modelo MERCATOR, durante febrero las AES se habrían proyectado hasta Chicama y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS, $S < 33,8$) hasta Paita (**Figura 28**). La información *in situ* de las boyas Argo y de operaciones en el mar (**Figuras 22, 23 y 29**) indican que la intromisión de ATS cerca de la costa habría ocurrido por un corto período en la segunda semana del mes. En la tercera semana, las ATS fueron detectadas hasta las 85 mn frente a Puerto Pizarro. Del mismo modo, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, $33,8 < S < 34,8$) fueron observadas sobre los 20 m de profundidad dentro de las 30 mn frente a Talara entre el 21 y 24 de febrero, así como en sectores costeros y fuera de las 60 mn frente a Paita-Bayóvar.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) presentaron una intrusión desde el sur en sectores oceánicos frente a la costa norte, generando mezcla ($S = 35,1$) con las AES por fuera de las 30 mn de Talara y valores de 35,2 dentro de las 40 mn frente a Paita entre los 25 y 100 m de profundidad. Por otro lado, las ASS mantuvieron su acercamiento hacia la costa entre Chicama y San Juan de Marcona. Al sur, ocurrieron aguas de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) hasta Ático y predominio de las ACF hacia el sur, de acuerdo al modelo MERCATOR (Figura 28).

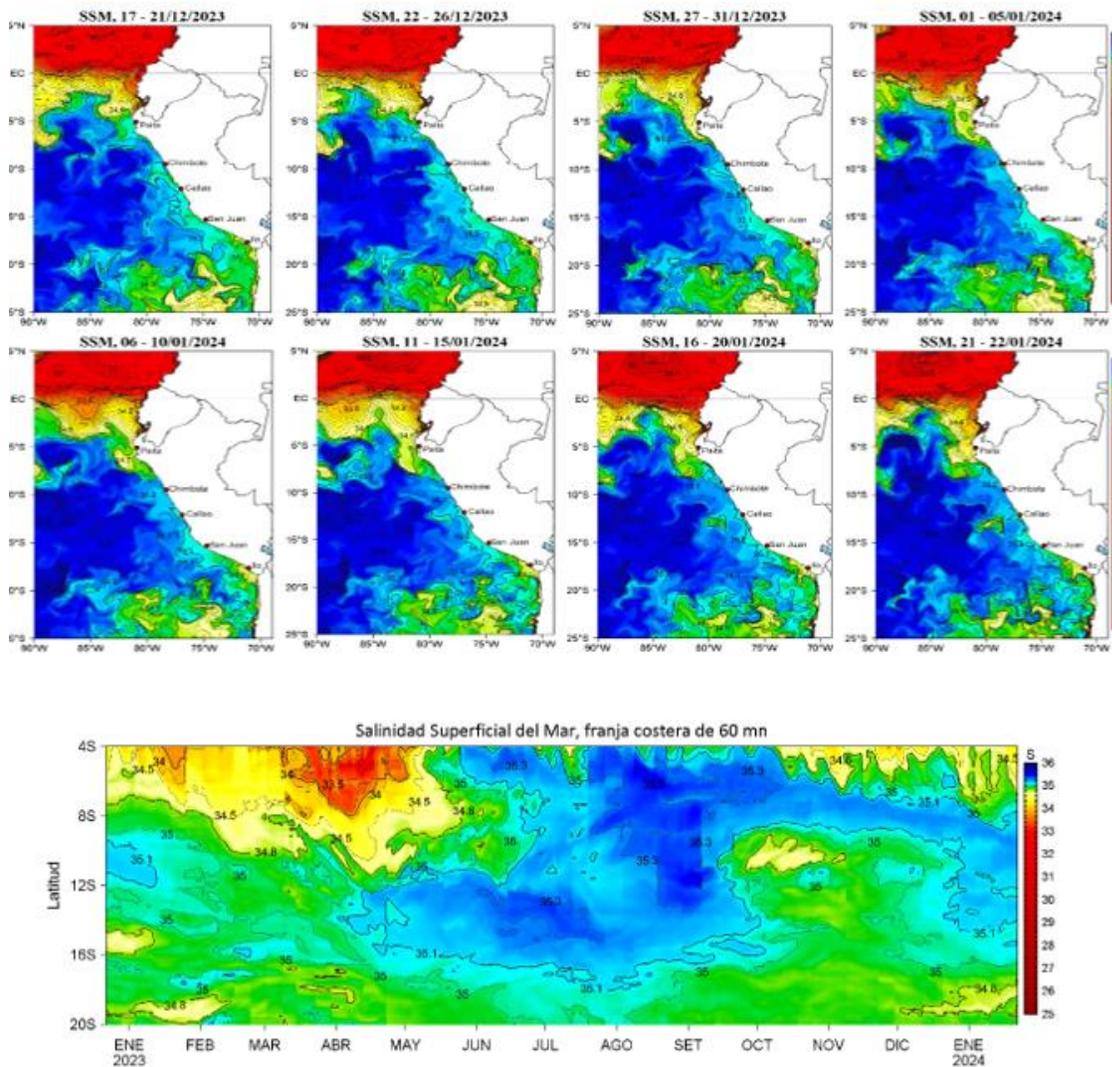


Figura 28. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 17 de diciembre 2023 y 22 de enero 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 22 de enero de 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, 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: LHFM/AFIOF/DGIOCC/MARPE

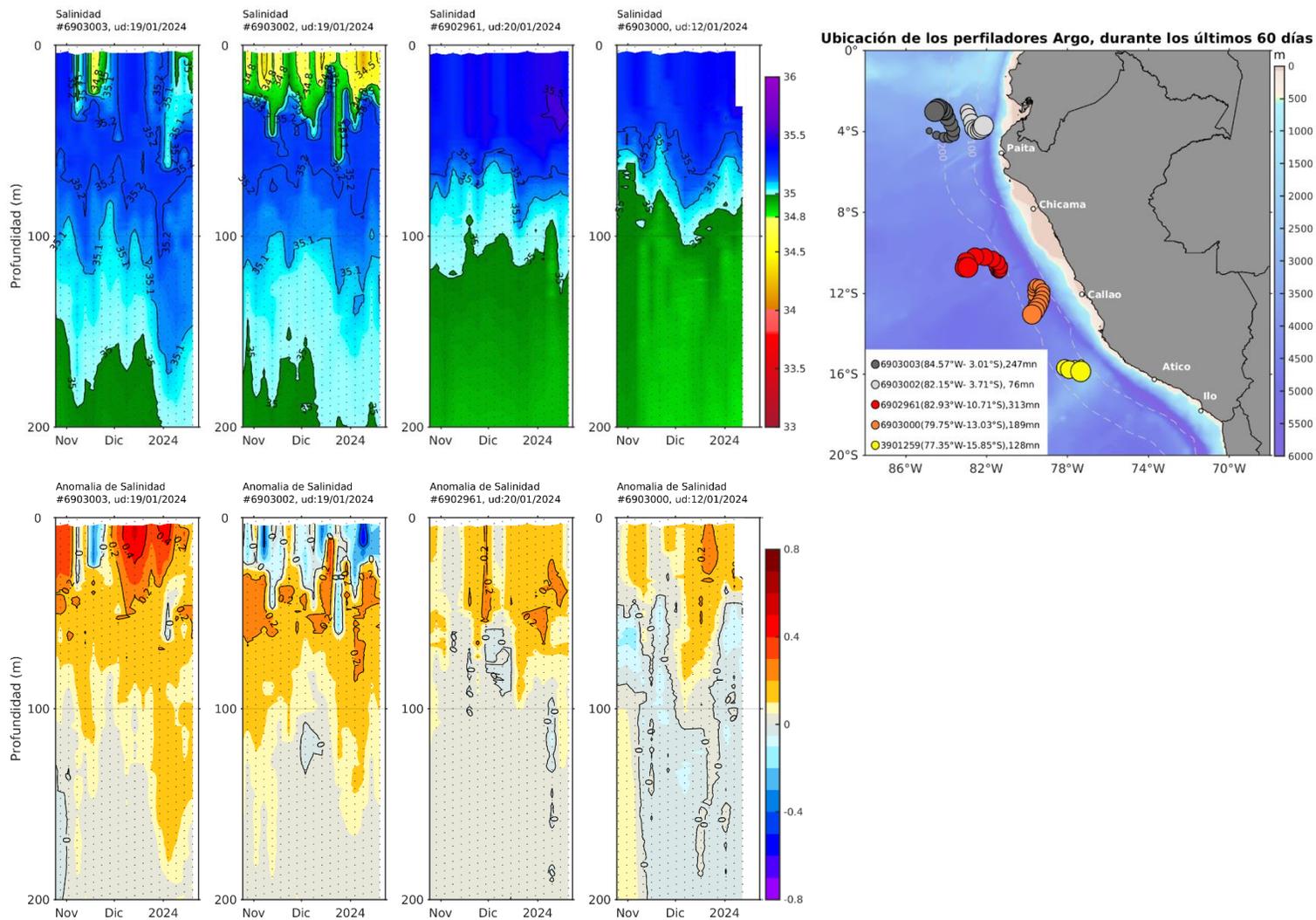


Figura 29. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

Respecto al oxígeno disuelto (OD), sobre la tercera semana de febrero 2024, se registró la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} , considerada como indicador de la oxiclina, ubicada entre los 130 m a 180 m frente a Puerto Pizarro y entre los 100 m a 220 m de profundidad frente a Paita, dentro de las 100 mn, siendo más somera hacia la costa. 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 250 m frente a Puerto Pizarro y Paita, en promedio (Figura 23). En Paita se registró un núcleo con $\text{OD} > 6,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar, posiblemente asociados a eventos de alta actividad fotosintética (Figura 19). De forma similar a la termoclina, la oxiclina ascendió significativamente respecto a la primera semana de febrero, en unos 40 m, ubicándose por encima de su posición habitual dentro de las 30 mn frente a Paita (**Figura 24**).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio concentraciones de $3 \text{ a } 10 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 50 mn a lo largo de la costa en febrero. Sin embargo, esta banda fue más angosta y de menor intensidad al norte de Chicama, mientras que entre Chicama y Chimbote se observó un núcleo de $20 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 40 mn, más extendido que en enero. De acuerdo a información *in situ*, frente a Paita predominaron concentraciones de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ por encima de los 25 m, dentro de las 80 mn, lo cual es congruente con la información satelital (**Figura 22**). Las concentraciones detectadas en febrero estuvieron asociadas principalmente a anomalías positivas entre $+1 \text{ a } +4 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, alcanzando niveles $> +10 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Chimbote y San José. En cambio, entre Callao y Pisco, se detectaron anomalías de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn. En promedio, en la franja costera entre Talara y San Juan de Marcona, las concentraciones de febrero disminuyeron ligeramente respecto a enero. (**Figura 30 y Figura 31**).

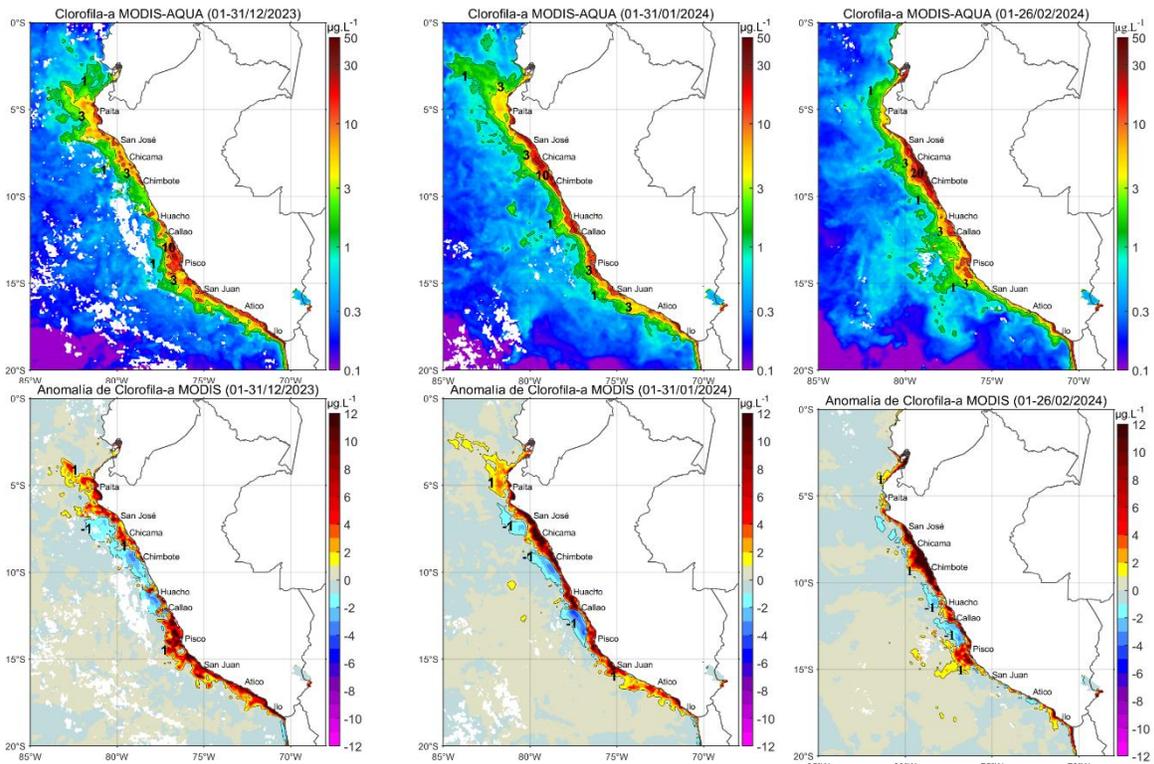


Figura 30. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante noviembre, diciembre y lo que va de febrero de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

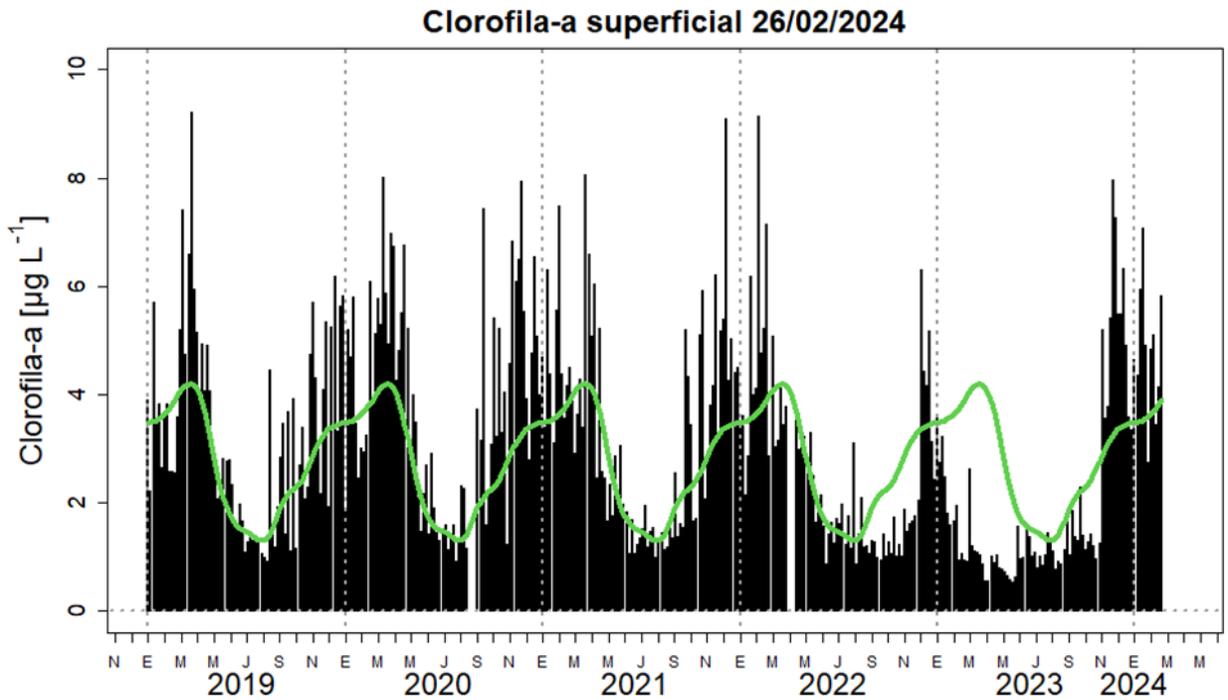


Figura 31. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWiFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, del 01 al 15 de febrero 2024, los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro, como el Índice Gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD), se mostraron por debajo de su valor crítico, registrando una disminución de los procesos de maduración gonadal y desove (Figura 32). En lo que va de febrero, la pesca artesanal dirigida a la anchoveta se registró en la zona costera dentro de las 10 mn frente a la bahía de Sechura (Figura 33).

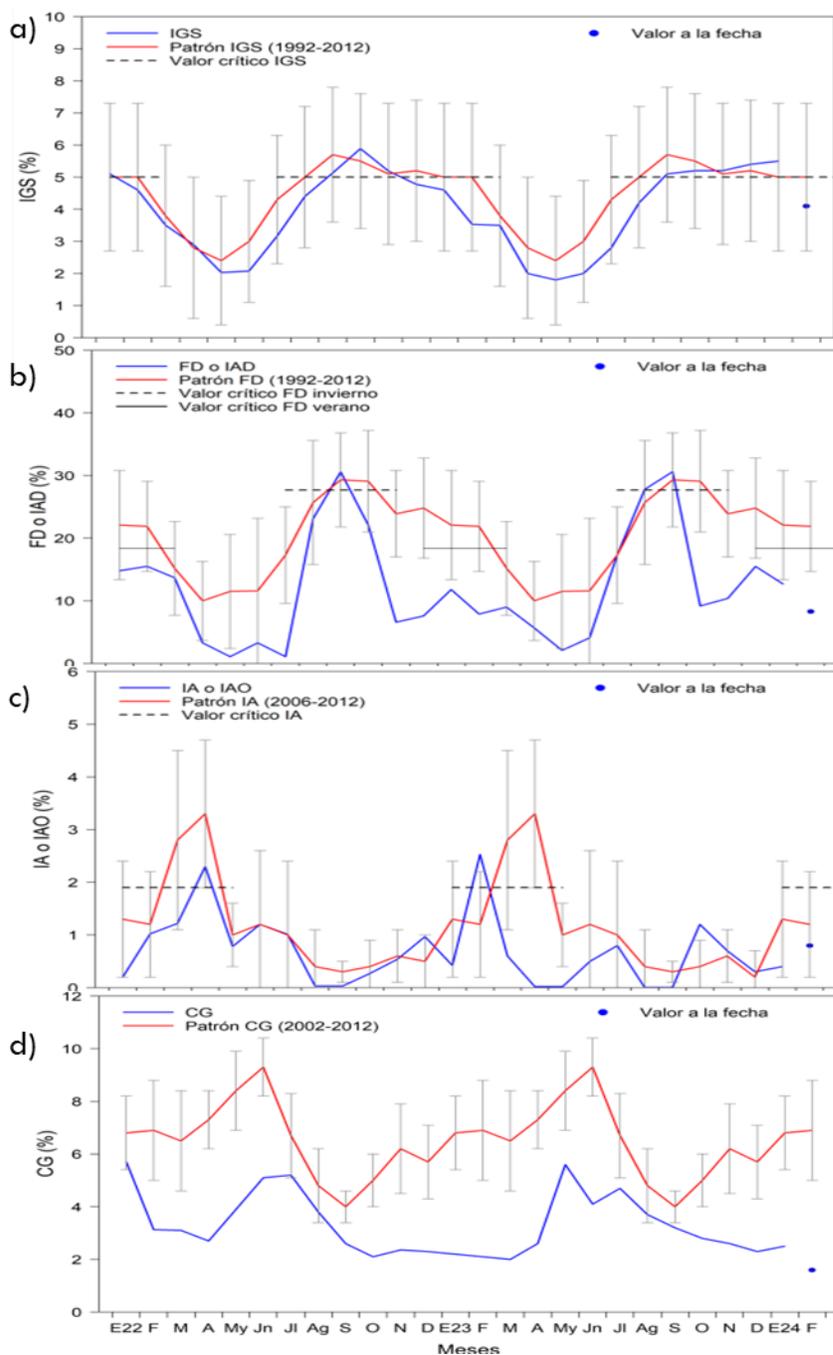


Figura 32. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia de la anchoveta e indicador somático d) Contenido graso. Periodo enero 2022 a febrero 2024.

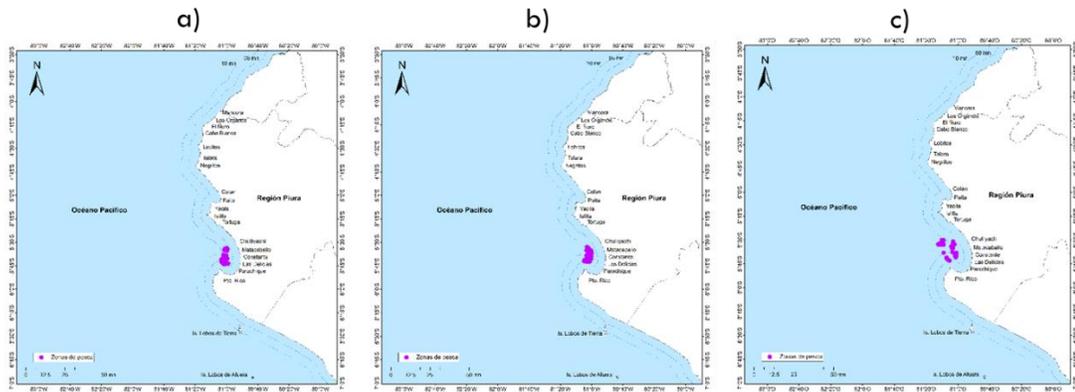


Figura 33. Distribución de anchoveta proveniente de la flota artesanal de la región Piura durante a) 02 – 08 febrero, b) 09 – 15 febrero y c) 16 – 22 febrero de 2024

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) estuvieron disponibles dentro de las 30 mn a lo largo del litoral peruano para la pesca artesanal. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) mantuvo su cobertura desde Punta La Negra (Piura) a Los Palos (Ilo) hasta las 40 mn de costa (Figura 34). Peces oceánicos como perico (*Coryphaena hippurus*) y sierra (*Scomberomorus sierra*) mantuvieron similar distribución que en enero, siendo accesibles a la flota artesanal (Figura 35).

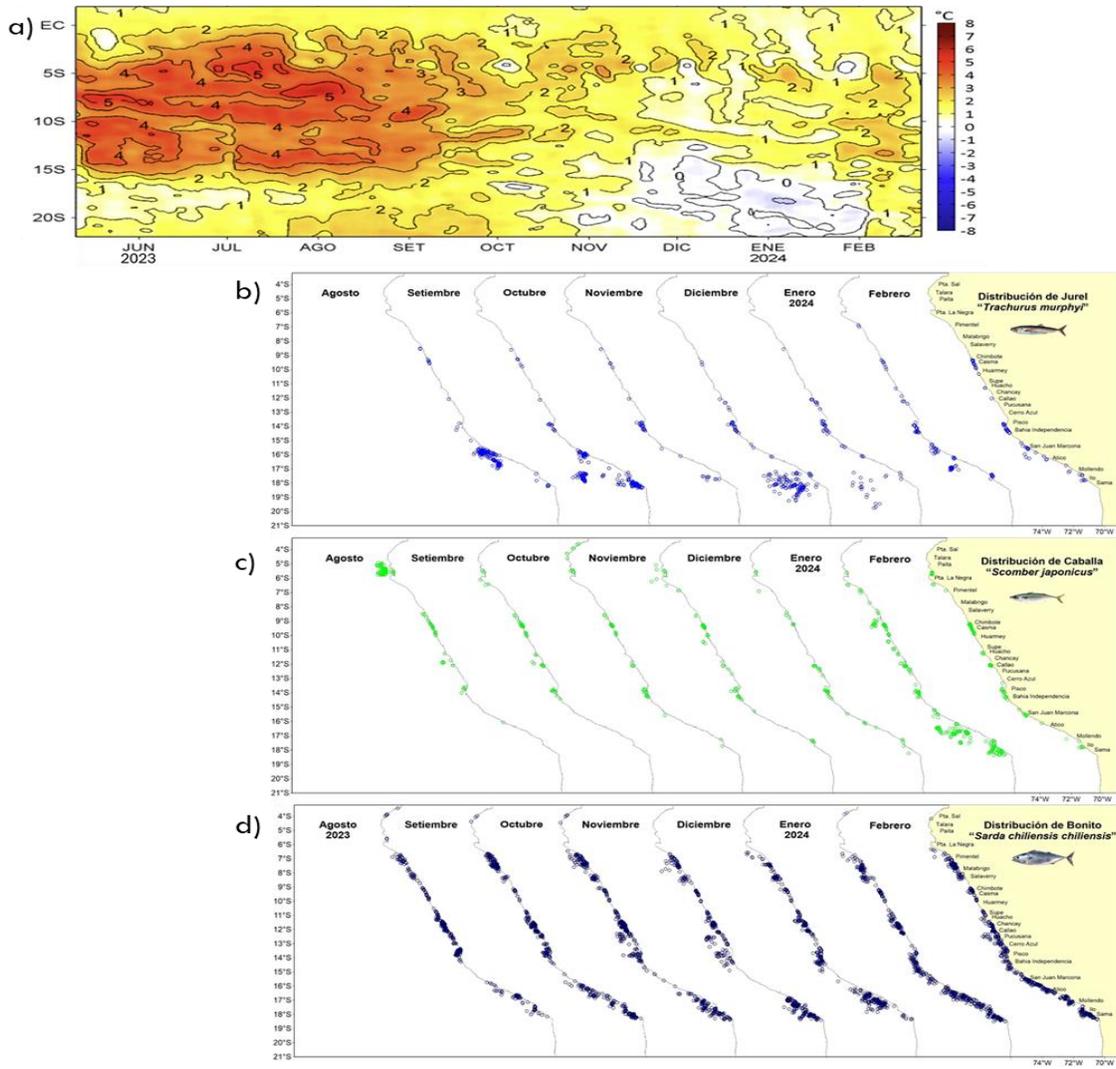


Figura 34. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) jurel, c) caballa y d) bonito durante agosto 2023 – febrero 2024

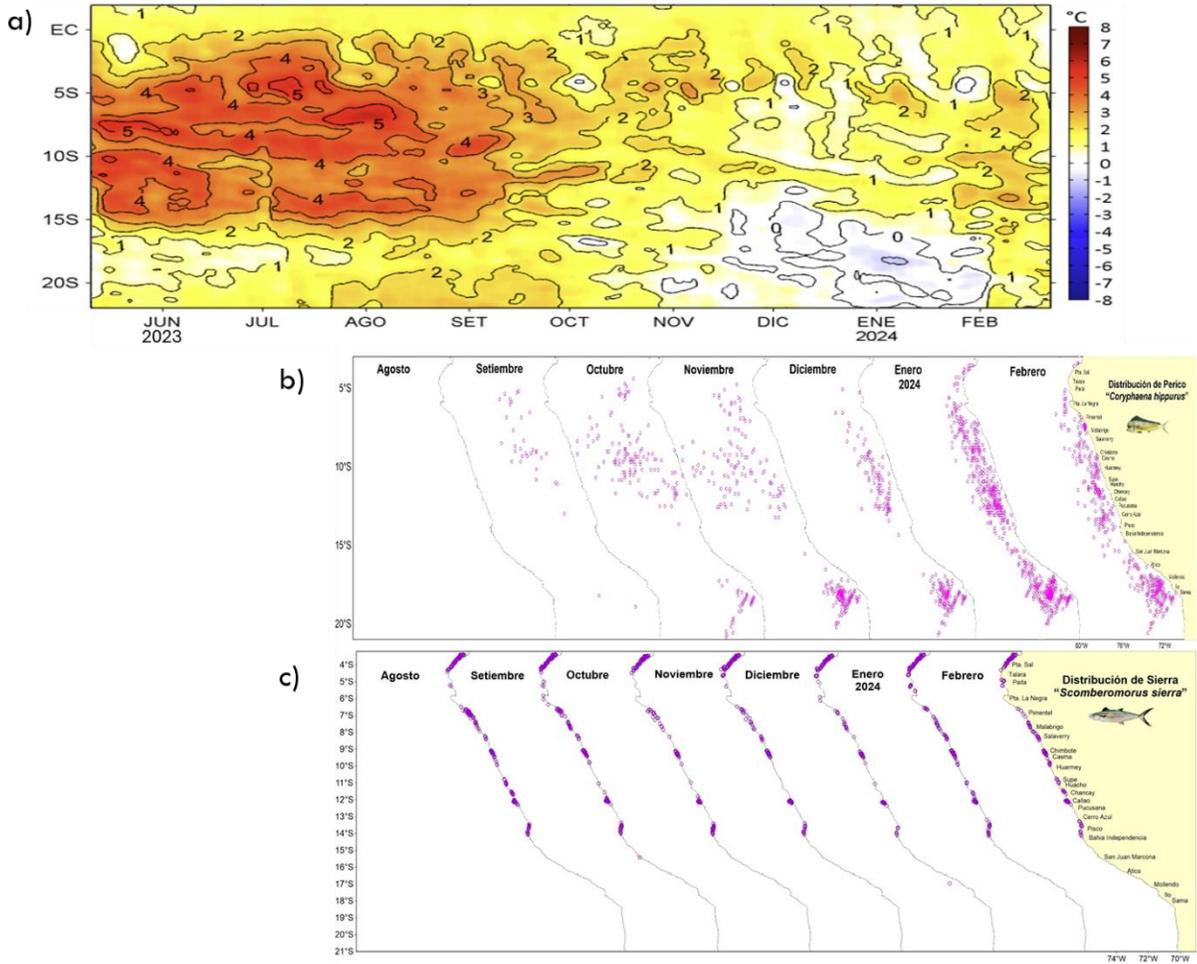


Figura 35. Distribución mensual del recurso oceánico y norteño con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) perico y c) sierra durante enero – noviembre 2023

En la primera semana de febrero se registró la presencia de la fragata (*Fregata magnificens*), ave propia de la zona de las Islas Galapagos, frente a Chicama y cuyo registro estaría relacionado con las condiciones cálidas presentes (Figura 36).

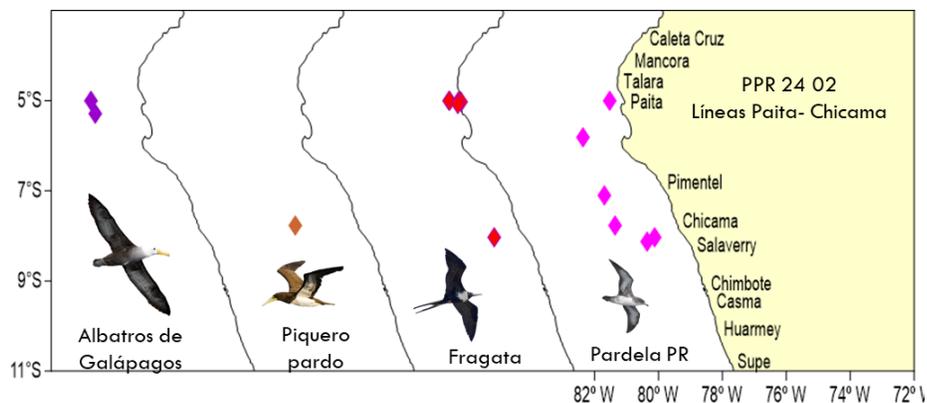


Figura 36. Distribución de aves migratorias durante febrero 2024

Respecto a los recursos demersales, del 01 al 26 febrero 2024, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde Paita hasta el extremo norte del litoral peruano. Los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron al norte de los 4°S y entre los 4,5°S y 5,5°S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en esas latitudes (Figura 37). No obstante, los valores de CPUE promedio del mes al 26 de febrero, son menores a los registrados en diciembre 2023 y enero 2024 (Figura 38). Por otro lado, se mantuvo la presencia de ejemplares de menor tamaño, los cuales aún se encuentran desde el extremo norte hasta los 6°S (Figura 39).

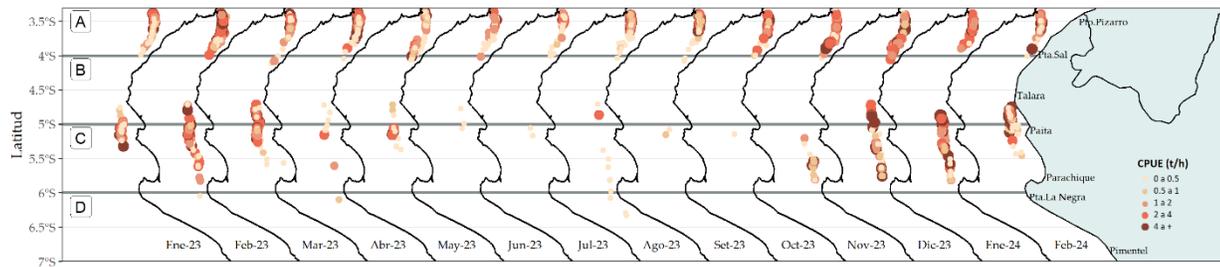


Figura 37. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero 2023 al 26 de febrero de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

Para los recursos invertebrados, se observó la disminución de los desembarques de calamar gigante, pulpo (*Octopus mimus*), concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino café (*Penaeus californiensis*), mientras que, el calamar común (*Doryteuthis gahi*) mostró incremento de sus desembarques. El calamar gigante se distribuyó entre Paita y Morro Sama, desde las 10 mn hasta las 140 mn de la costa, registrando la mayor concentración entre el sur de Punta La Negra y Salaverry (Figura 40).

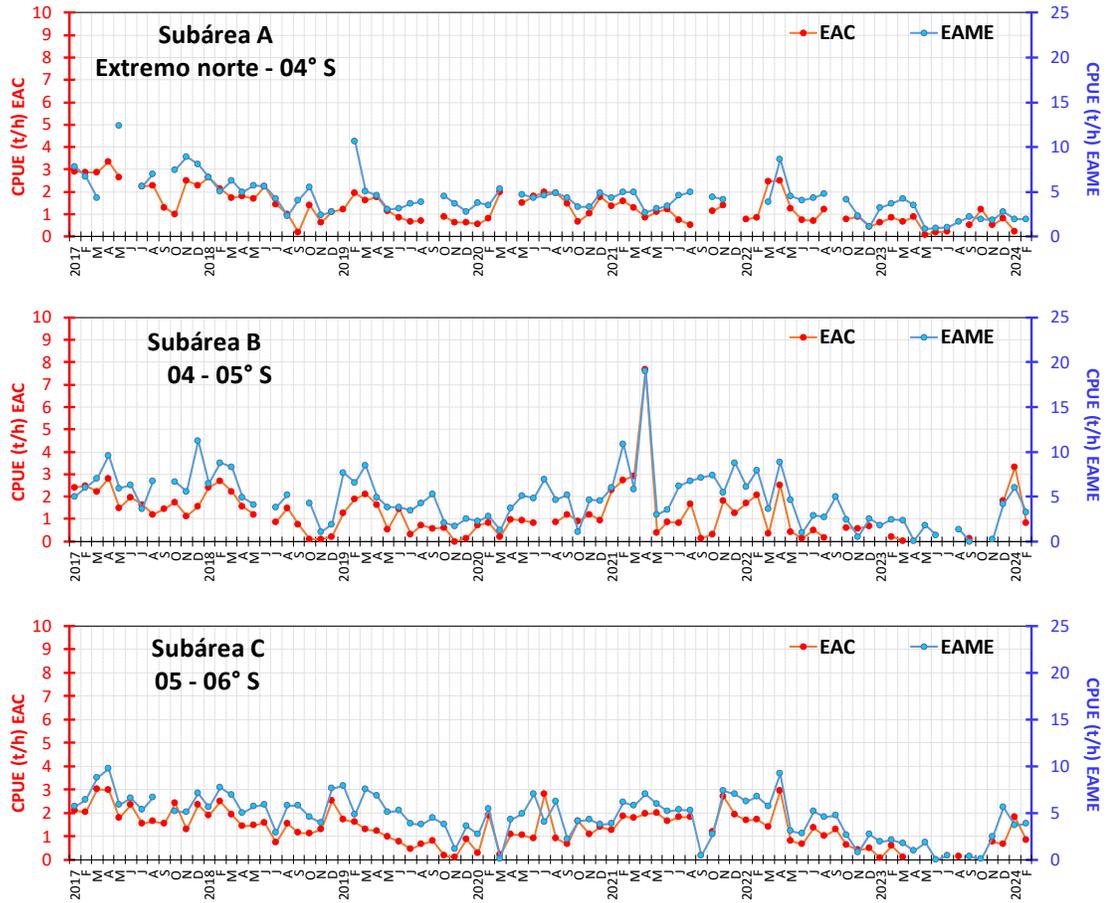


Figura 38. CPUE mensual (t/h) por sub-área de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza

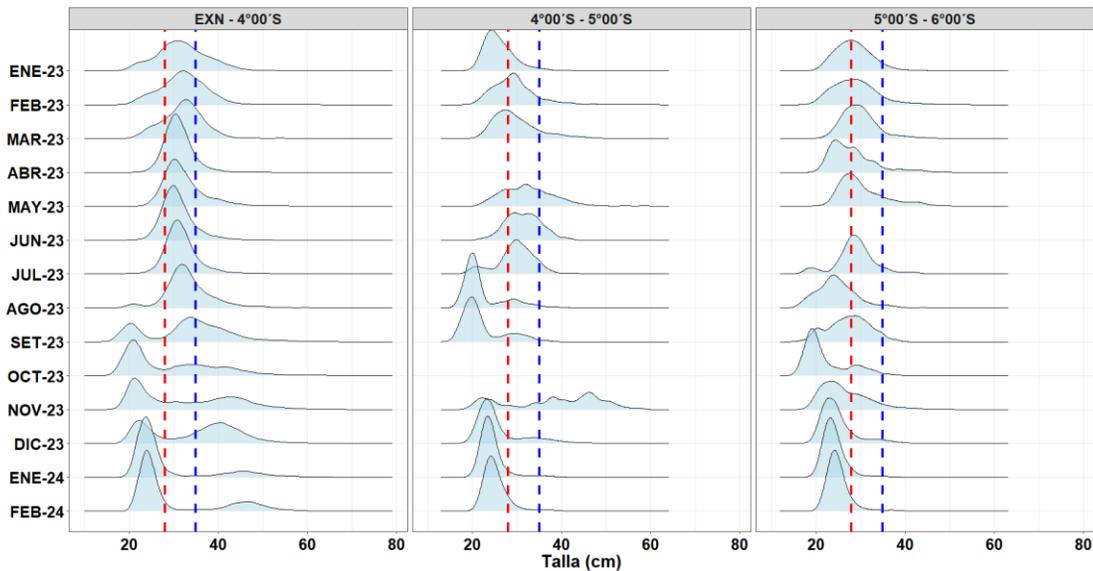


Figura 39. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) de enero 2023 al 26 de febrero 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

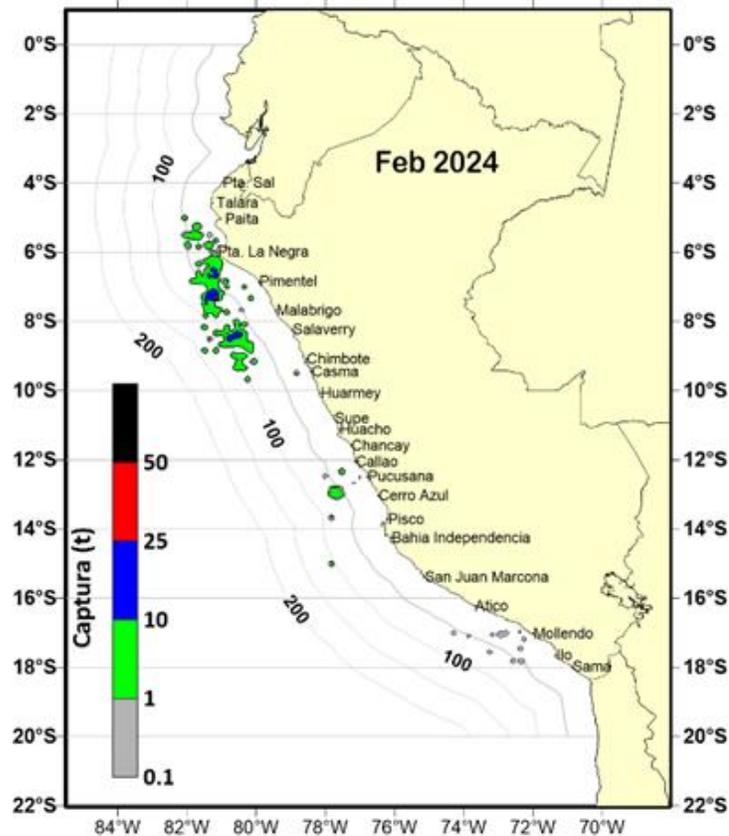


Figura 40. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, primera quincena de febrero 2024.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de febrero de 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 picos de flujo a partir del 20 febrero, a partir de los ríos Chancay Lambayeque hasta Chicama predominan condiciones normales, mientras que en los ríos del pacifico centro siguen predominando condiciones sobre lo normal, a excepción de los ríos de Chillón y Rímac, que a la fecha están en condiciones ligeramente por debajo de lo normal, mientras que en el sur del río Ica a Ocoña, las condiciones sobre lo normal de forma muy significativa, especialmente en el río Ocoña, mientras que los ríos de Moquegua y Tacna predominan condiciones normales.

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

Los ríos de la vertiente del Titicaca continúan a tener valores por muy debajo de lo normal, hasta el 20 de febrero, al partir del cual se observa valores de caudales categorizados sobre lo normal, de forma muy significativa, 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 24 de enero del 2024.

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Año (%)	Condición	Fuente
		Febrero -2024									
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	112.02	144.60	108.50	241.26	280.93	314.09	200.24	42.68	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Tumbes El Tigre	110.80	219.72	147.51	266.49	487.03	336.17	261.29	70.93	Significativamente sobre lo normal	PEBPT
	Chira (ardilla)	75.17	136.60	90.20	286.11	267.93	241.74	182.96	118.53	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Chira (Puente Suallana)	15.00	13.00	11.00	16.00	294.00	50.00	66.50	220.31	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Piura	0.50	16.66	10.04	57.88	387.31	150.00	103.73	355.15	Significativamente sobre lo normal	JUSL
	Quiroz	29.27	30.81	24.32	42.26	69.63	51.20	41.25	37.40	Ligeramente sobre lo normal	PECHP
	Motupe	1.65	1.62	1.58	2.19	3.38	1.85	2.05	57.84	Significativamente sobre lo normal	JU SHM Motupe - Clase B
	Chancay Lambayeque	84.89	70.89	70.11	45.81	43.25	31.51	57.74	11.72	Normal	PEOT
	Zaña	10.78	13.80	12.14	9.25	10.00	8.02	10.66	40.04	Ligeramente sobre lo normal	JU ZAÑA
	Jequetepeque	46.96	37.51	41.95	31.78	26.04	19.84	34.01	-9.81	Normal	PEJEZA
	Chicama (Salinar)	44.16	47.60	45.14	40.36	34.88	29.77	40.32	-0.28	Normal	PECHAVIMOCHIC
	Chicama (Tambo)	43.44	33.60	34.44	31.28	27.71	23.24	32.29	2.16	Normal	PECHAVIMOCHIC
	Moche	11.23	11.87	15.13	8.01	3.40	1.50	8.52	-22.82	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
Santa	564.57	397.17	387.31	357.35	218.89	181.50	351.13	49.81	Ligeramente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC	
Pacífico Centro	Pativilca	119.17	77.43	58.77	56.99	44.78	52.32	68.24	-3.40	Normal	STATKRAFT PERU S.A.
	Huaura	77.74	54.62	45.60	50.61	42.59	42.74	52.32	39.26	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Huaral	67.62	42.79	30.13	30.14	31.44	41.66	40.63	38.49	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Chillon	15.07	7.70	5.68	6.01	5.57	9.27	8.22	-20.21	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Rímac	51.78	39.67	37.13	39.83	38.22	45.00	41.94	-15.81	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Lurin	15.68	13.82	8.75	9.61	8.59	12.40	11.48	-20.05	Normal	SENAMHI
	Mala	68.34	52.41	30.41	37.73	30.01	70.24	48.19	57.09	Significativamente sobre lo normal	JUSDR MALA
	Cañete	139.60	131.38	89.52	100.09	91.79	162.14	119.09	17.62	Ligeramente sobre lo normal	JU CAÑETE
	San Juan	32.24	24.45	14.54	61.64	39.49	142.97	52.56	140.32	Significativamente sobre lo normal	JU SAN JUAN
Pisco	89.10	72.87	32.50	60.59	40.41	159.01	75.75	90.22	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Pacífico Sur	Ica	54.04	43.19	11.74	41.81	21.42	91.12	43.89	181.82	Significativamente sobre lo normal	JU LA ACHIRANA
	Acari	70.13	101.25	19.25	54.00	36.93	175.00	76.09	-21.89	Ligeramente por debajo de lo normal	JU BELLA UNIÓN
	Yauca	28.60	29.00	34.20	20.00	22.20	45.00	29.83	38.85	Ligeramente sobre lo normal	JU YAUCA
	Ocoña	240.21	206.26	164.40	419.77	272.65	750.65	342.32	72.15	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Camana	118.77	62.99	67.08	153.12	86.88	165.78	109.11	-19.39	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Socabaya	0.59	1.90	0.29	0.53	2.00	4.09	1.57	25.58	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Tambo	31.21	27.07	28.76	92.62	57.41	122.23	59.88	-14.72	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Torata	0.57	0.90	0.83	0.62			0.73	-14.59	Normal	ANA
	Tumilaca	2.29	1.74	1.54	2.68			2.06	13.03	Normal	ANA
	Locumba	2.44	2.43	2.51	2.66	2.96	2.95	2.66	-5.42	Normal	PET
	Sama	1.63	2.15	2.71	5.65	6.22	9.60	4.66	-0.08	Normal	SENAMHI
Caplina	0.55	0.51	0.55	0.69	0.94	0.86	0.68	-24.05	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI	
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	1027.35	772.20	784.45	1021.23	673.41	503.78	797.07	-18.73	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Marañón (Cumba)	1165.95	859.58	826.18	1018.05	660.32	551.38	846.91	-2.67	Normal	SENAMHI
	Crisnejas (Puente)	65.74	43.28	48.81	38.93	31.48	22.34	41.76	-9.43	Normal	SENAMHI
	Crisnejas (Jesus Tunel)	9.35	7.33	7.56	6.36	4.10	2.84	6.26	-34.21	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Rios Navegables Norte	Napo	3365.35	2763.15	3248.38	4053.37	4846.73	5239.40	3919.39	-9.01	Normal	SENAMHI
	Marañón (San Regis)	22435.95	22470.4	22764.1	24011.6	24803.1	24132.6	23436.3	13.24	Normal	SENAMHI
	Amazonas (Tanshiyacu)	33919.0	33723.7	34828.7	36697.0	37744.5	37593.5	35751.1	0.53	Normal	SENAMHI
Huallaga	Sisa	53.53	29.87	17.47	45.73	14.87	156.67	53.02	59.95	Significativamente sobre lo normal	JU HUALLAGA CENTRAL
	Huallaga (Huayabamba)	2551.87	1980.37	2110.03	2370.30	1485.87	1680.61	2029.84	89.40	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tocache	4300.13	2202.25	3002.04	3411.13	3431.53	5223.04	3595.02	25.38	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Huallaga (Tingo Maria)	749.97	576.58	678.46	757.38	671.86	705.07	689.89	-8.06	Normal	SENAMHI
Huallaga (Taruca)	191.64	130.47	140.06	163.52	145.30	189.29	160.05	8.90	Normal	SENAMHI	
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	146.33	146.10	145.72	146.13	146.34	146.60	146.20	-1.19	Normal	DTAGRU
Mantaro	Mantaro (Pongor)	710.86	514.39	456.03	618.98	419.20	796.81	586.05	13.05	Normal	KALLPA GENERACIÓN
	Mantaro (La Mejorada)	411.45	291.44	288.39	388.73	276.84	508.21	360.84	4.44	Normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Stuart)	139.99	97.54	97.76	121.73	87.53	180.73	120.88	-0.86	Normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Chulec)	101.96	68.19	73.47	104.90	66.68	116.01	88.54	1.77	Normal	ELECTROPERU
Pampas	Pampas	228.12	211.16	173.68	217.46	164.25	276.40	211.84	-33.43	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
Apurimac	Antabamba	176.20	131.60	85.71	198.00	132.55	228.12	158.70	-15.83	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
Urubamba	Urubamba (Km 105)	235.51	220.51	253.47	230.73	243.30	191.62	229.19	-22.67	Ligeramente por debajo de lo normal	EGEMSA
	Paucartambo	76.63	71.68	72.45	69.36	74.50	81.11	74.29	-17.02	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Pisac	162.05	142.01	161.92	149.14	161.48	145.62	153.70	-23.39	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Año (%)	Condición	Fuente
		Febrero -2024									
	Chilca	171.85	153.41	179.24	154.15	165.82	141.74	161.03	-24.78	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
Ríos Navegables Sur	Madre de Dios	7893.50	5500.94	8266.55	8823.49	14124.15	15243.24	9975.31	54.07	Significativamente sobre lo normal	ANA
Títicaca	Huancane	11.44	10.97	38.09	57.07	114.04	62.43	49.01	-15.49	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Ramis	137.31	95.08	153.70	233.30	323.62	231.15	195.70	7.97	Normal	SENAMHI
	Ilave	47.95	26.43	55.90	113.68	87.25	137.17	78.06	54.90	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Coata	75.58	38.97	48.70	99.99	79.62	70.25	68.85	-38.63	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI

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

Los principales embalses del país, al 28/02/2024 se encuentran al 66.9 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses en su gran mayoría han incrementado sus volúmenes almacenados, cabe mencionar también que el embalse Paucarani en la región Tacna, ha empezado a incrementar sus niveles de almacenamiento, la cual no sucedía, desde mayo del 2022 (**Tabla 5**).

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 23 de enero del 2023

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	27-Feb	Piura	445.5	221.8	49.8
	San Lorenzo	27-Feb	Piura	195.6	152.9	78.2
	Tinajones	27-Feb	Lambayeque	331.6	218.3	65.8
	Gallito Ciego	27-Feb	La Libertad	366.1	273.4	74.7
	SUB TOTAL			1338.7	866.4	64.7
Costa - Centro	Viconga	27-Feb	Lima	30.0	11.5	38.3
	Sistema Rímac	15-Feb	Lima, Junin	282.4	253.2	89.7
	Choclococha	27-Feb	Ica	131.1	59.8	45.6
	Ccaracocha	27-Feb	Ica	40.0	22.0	55.0
	SUB TOTAL			483.5	346.5	71.7
Costa - Sur	Condorama	27-Feb	Arequipa	259.0	132.6	51.2
	El Pañe	27-Feb	Arequipa	99.6	71.3	71.6
	Dique Los Españoles	27-Feb	Arequipa	9.1	5.6	61.6
	Pillones	27-Feb	Arequipa	78.5	31.9	40.6
	El Frayle	27-Feb	Arequipa	127.2	79.5	62.5
	Aguada Blanca	27-Feb	Arequipa	30.4	11.0	36.1
	Chalhuanca	27-Feb	Arequipa	25.0	18.1	72.4
	Bamputañe	27-Feb	Arequipa	40.0	17.9	44.8
	Pasto Grande	27-Feb	Moquegua	200.0	132.6	66.3
	Paucarani	27-Feb	Tacna	10.5	4.2	40.0
	Laguna Aricota	27-Feb	Tacna	280.0	187.2	66.9
	Jarumas	27-Feb	Tacna	13.0	13.1	100.0
SUB TOTAL			1172.4	705.0	60.1	
Sierra - Centro	Cuchoquesera	27-Feb	Ayacucho	80.0	59.8	74.8
	Lago Junin	27-Feb	Junin	314.7	277.6	88.2
	SUB TOTAL			394.7	337.4	85.5
Sierra - Sur	Lagunillas	27-Feb	Puno	585.1	410.0	70.1
	Sibinacocha	27-Feb	Cusco	110.0	68.9	62.6
	SUB TOTAL			695.1	478.9	68.9
Situación Nacional			-	4,084.39	2,734.20	66.9

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos / Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de Piura, las temperaturas máximas ligeramente cálidas y mínimas entre normales y ligeramente cálidas favorecieron la culminación de las cosechas de mango; en el caso de Lambayeque, estas condiciones promovieron el avance de las cosechas de mango Kent, además de propiciar la emisión de nuevos brotamientos vegetativos. Para la campaña de arroz 2023/2024, dichas condiciones térmicas vienen propiciando las fases vegetativas de plántula, macollaje y elongación del tallo bajo rangos térmicos óptimos. Asimismo, para las plantaciones de palto de la costa central y sur el ambiente fue favorable para la cosecha y maduración; asimismo, se viene observando un adelanto de maduración de la aceituna en la costa sur, como consecuencia de las temperaturas cálidas registradas. **(Figura 41).**

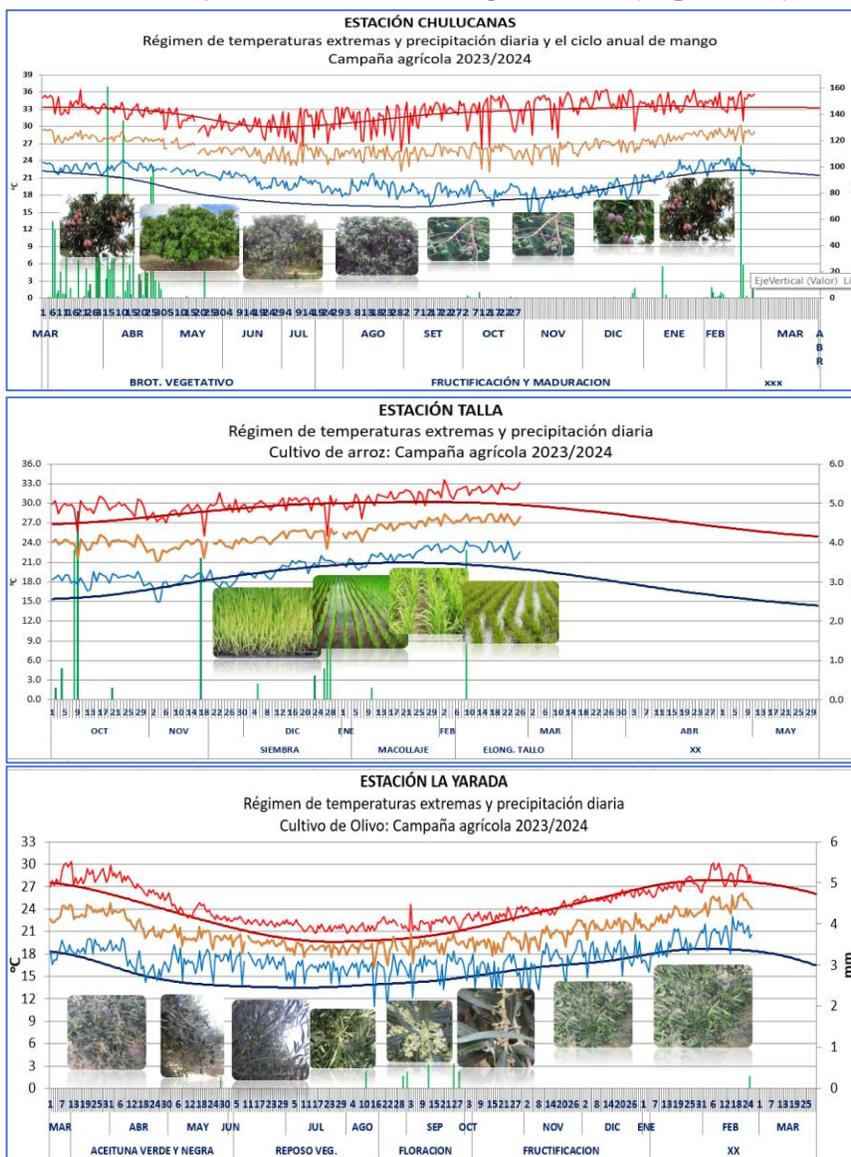


Figura 41. Monitoreo agrometeorológico del mango 2023/2024 en las estaciones de Chulucanas (Piura) y Olmos (Lambayeque). Fuente: SENAMHI

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 febrero de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican en promedio, una condición cálida moderada para marzo de 2024. En abril se esperaría una condición cálida débil y para mayo la condición sería neutra. Entre los meses de junio y diciembre se esperarían condiciones entre frías débiles y 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	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2	1.16	0.77	0.25	-0.26	-0.64	-0.91	-1.10	-1.27	-----	-----
CanCM4i	1.23	0.81	0.31	-0.28	-0.84	-1.22	-1.38	-1.38	-1.38	-1.34
GEM5_NEMO	0.94	0.27	-0.43	-0.94	-1.21	-1.31	-1.35	-1.38	-1.39	-1.32
NASA	0.98	0.18	-0.59	-1.29	-1.82	-2.22	-2.59	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	1.20	0.79	0.33	-0.07	-0.30	-0.37	-0.44	-0.56	-0.69	-0.71
COLA-CCSM4	1.06	0.58	-0.03	-0.80	-1.51	-2.05	-2.34	-2.50	-2.54	-2.41
COLA_CESM	1.05	0.59	0.01	-0.70	-1.30	-1.69	-1.75	-1.69	-1.57	-1.45
Promedio										
NMME	1.09	0.57	-0.02	-0.62	-1.09	-1.40	-1.56	-1.46	-1.51	-1.45

Por otro lado, la última publicación (17-26 de febrero) del modelo CFSv2, indica condiciones neutras para abril y mayo, así como condiciones de frías débiles a frías fuertes entre los meses de junio y octubre (Figura 42).

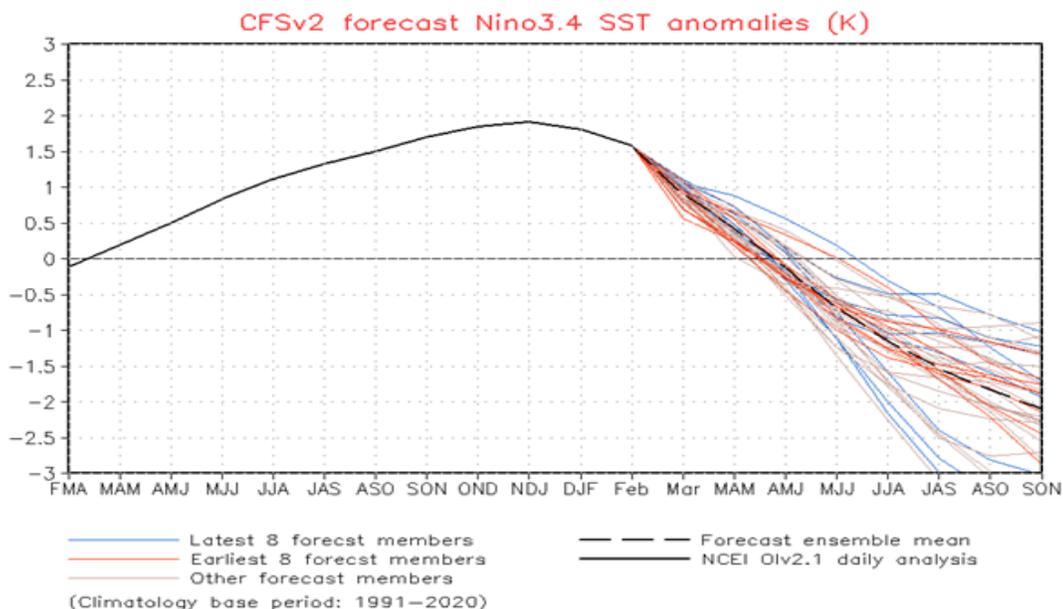


Figura 42. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 3.4

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, condiciones neutras en marzo. Entre abril y diciembre, se presentarían anomalías negativas aunque dentro del rango neutro (ENFEN 2012) (**Tabla 7**).

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2	0.31	-0.34	-0.90	-1.14	-1.05	-0.85	-0.63	-0.50	-----	-----
CanCM4i	0.52	0.27	0.06	-0.15	-0.31	-0.44	-0.43	-0.35	-0.29	-0.25
GEM5_NEMO	0.34	0.09	-0.11	-0.20	-0.38	-0.54	-0.64	-0.68	-0.64	-0.50
NASA	-1.15	-1.70	-1.79	-1.56	-1.49	-1.41	-1.25	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.27	-0.23	-0.60	-0.80	-0.89	-0.91	-0.75	-0.56	-0.32	-0.15
COLA_CCISM4	0.29	-0.05	-0.48	-0.95	-1.32	-1.45	-1.41	-1.32	-1.29	-1.17
COLA_CESM	0.00	-0.33	-0.60	-0.77	-0.85	-0.74	-0.52	-0.37	-0.35	-0.38
Promedio										
NMME	0.08	-0.33	-0.63	-0.80	-0.90	-0.91	-0.80	-0.63	-0.58	-0.49

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

La reciente publicación del modelo CFSv2, indica condiciones neutras para el mes de abril, condiciones de frías débiles a frías fuertes entre los meses de abril y julio, y condiciones de frías fuertes a frías débiles entre los meses de agosto y octubre (**Figura 43**)

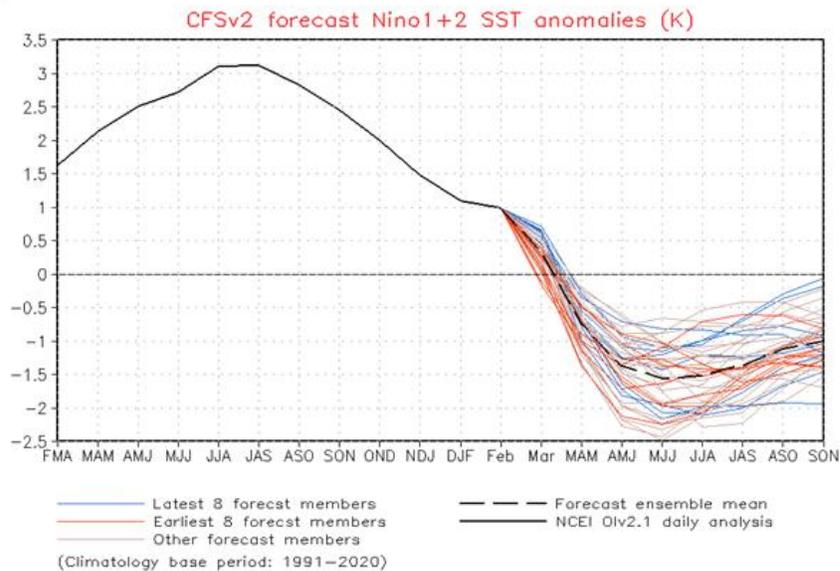


Figura 43. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 1+2

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 3c), la onda de Kelvin cálida observada en el Pacífico central arribaría, de mantener su energía, a partir de marzo. La onda de Rossby cálida localizada en la zona oriental debe continuar su desplazamiento hacia el Pacífico central. En la profundidad de la termoclina, se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe su presencia en la zona oriental hasta abril. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de una onda de Kelvin cálida, aunque es muy débil, por ahora.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 44) como de NCEP (Figura 45), y luego con vientos igual a cero—, continúan pronosticando principalmente la presencia de ondas de Kelvin cálidas hasta inicios de abril, luego solo serían ondas frías. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 46), se tendrían ondas de Kelvin cálidas, por lo pronto, hasta la quincena de marzo y luego entre abril y mayo. 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. En el caso de los pronósticos de viento de CFSv2, cabe indicar que suelen cambiar en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

La simulación del modelo de ondas en la franja ecuatorial aplicado por el IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 24 de febrero 2024, y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal, indica que entre marzo y mayo 2024 llegarían a las costas Sudamericanas tres ondas Kelvin equatoriales frías. En 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 entre noviembre y diciembre 2023. En abril, se espera la llegada de otra onda Kelvin fría (modo 1), generada por otra reflexión de una onda Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental entre enero y febrero 2024. Finalmente, en mayo, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin fría (modo 2), generada por la reflexión de otra onda Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental en enero y reforzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental en febrero (**Figura 47**).

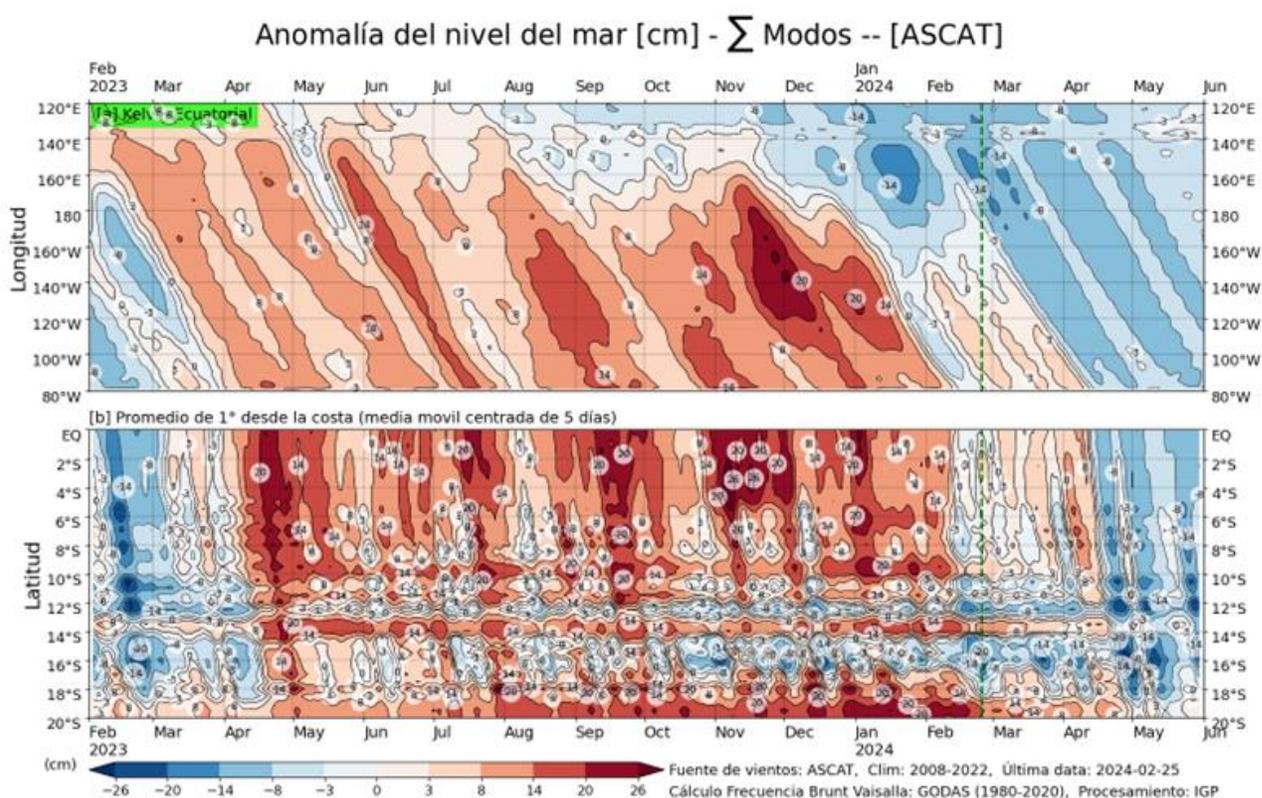


Figura 44. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

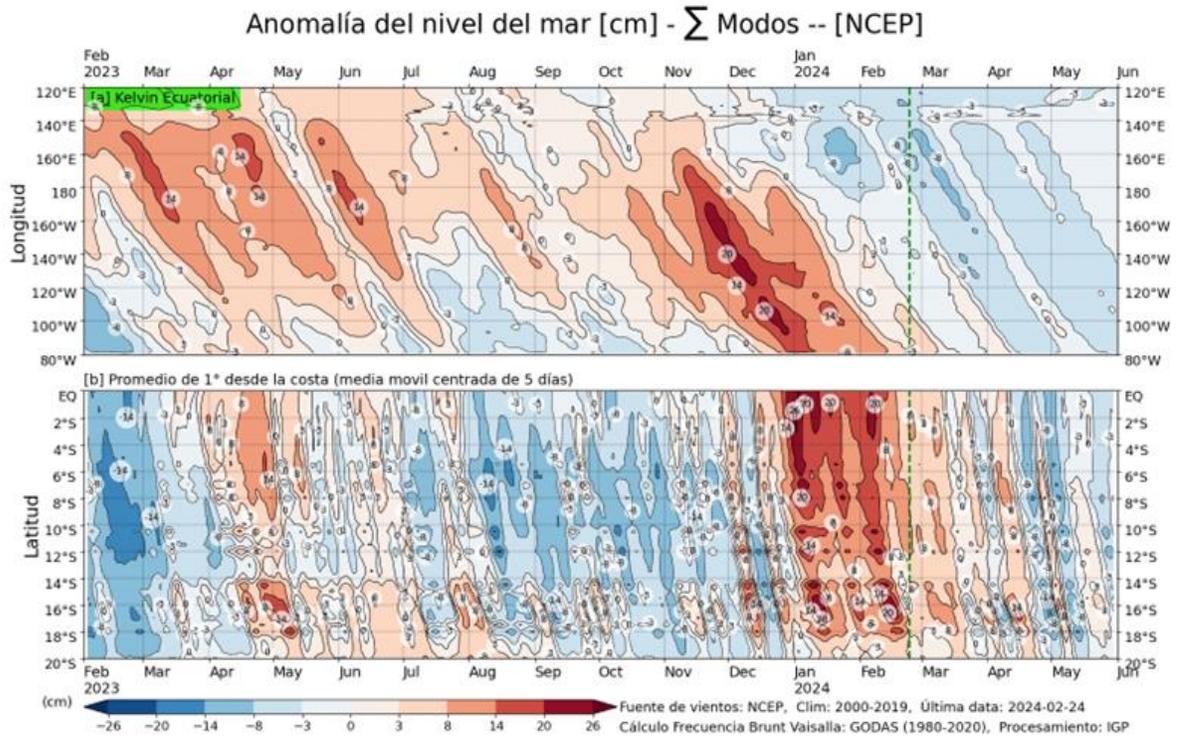


Figura 45. Igual que la Figura 42 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

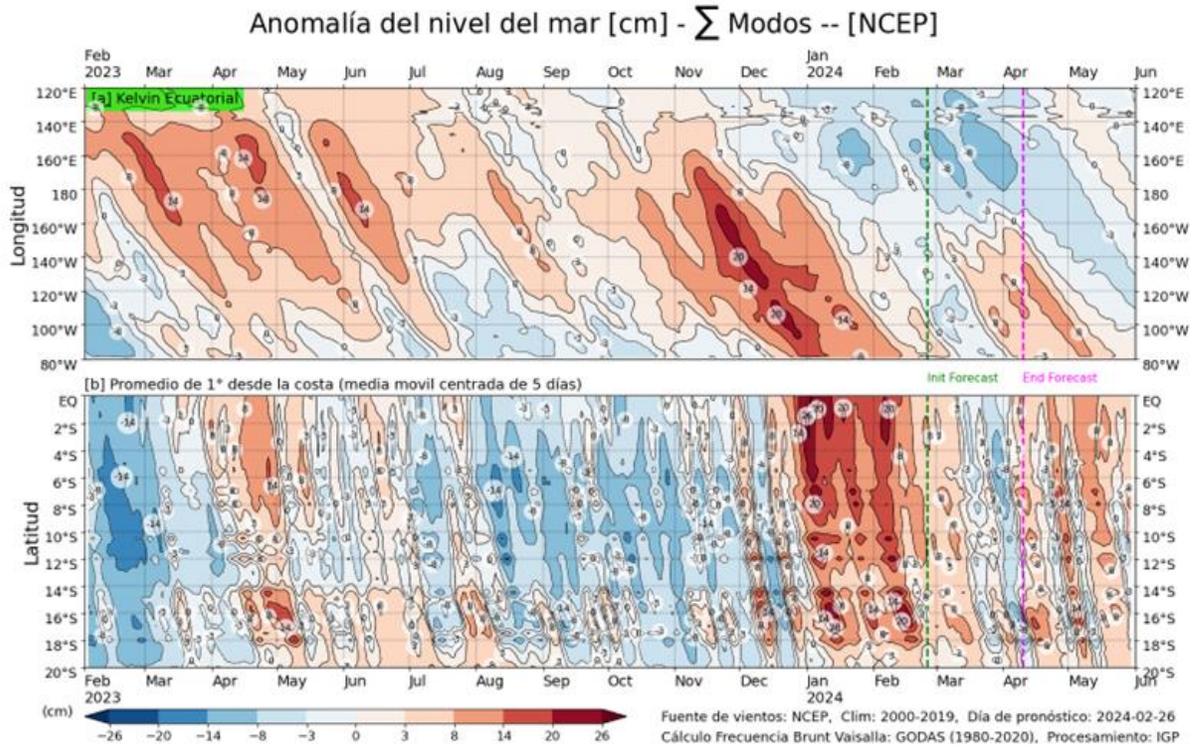


Figura 46. Igual que la Figura 43, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

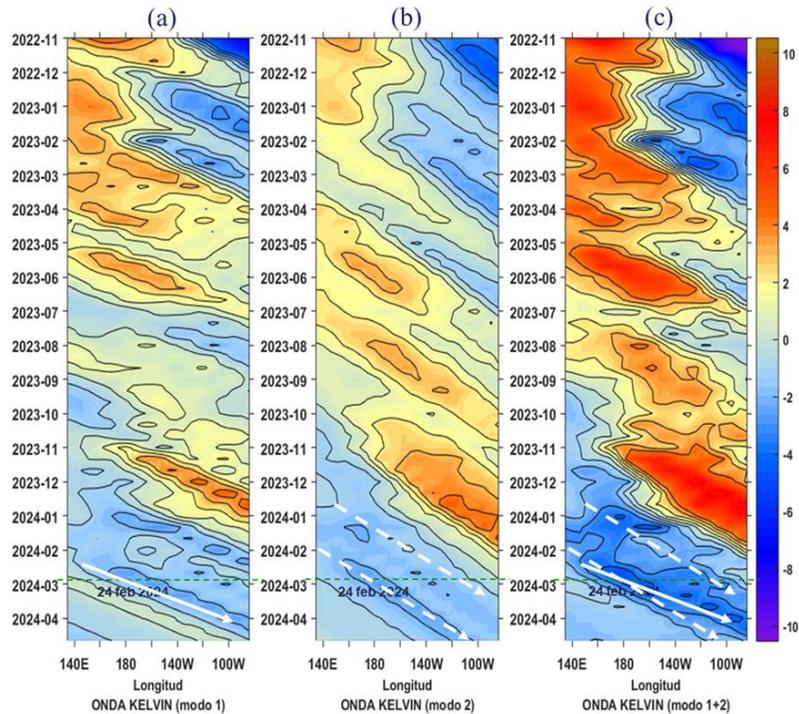


Figura 47. Diagrama Hovmöller longitudin-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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 se mantengan hasta abril, variando de moderadas a débiles. En mayo y junio son más probables las condiciones neutras, mientras que, en julio y agosto, las condiciones frías seguidas de las condiciones neutras (**Tabla 8** y **Figura 49**).

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

Pacífico central	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	1
Fría moderada	0	0	1	6	11	12
Fría débil	0	1	9	29	36	39
Neutro	1	25	46	51	47	45
Cálida débil	27	52	41	13	6	3
Cálida moderado	60	22	3	1	0	0
Cálida fuerte	12	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones cálidas débiles hasta marzo. En abril se espera una transición de condiciones cálidas débiles a neutras. A partir de mayo es más probable un escenario de condiciones neutras, por lo pronto, hasta agosto (**Tabla 9** y **Figura 48**).

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

Pacífico oriental	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	1	2	2
Fría moderada	0	0	1	8	10	11
Fría débil	0	3	19	25	31	34
Neutro	15	51	60	62	55	52
Cálida débil	65	34	20	4	2	1
Cálida moderado	20	12	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0

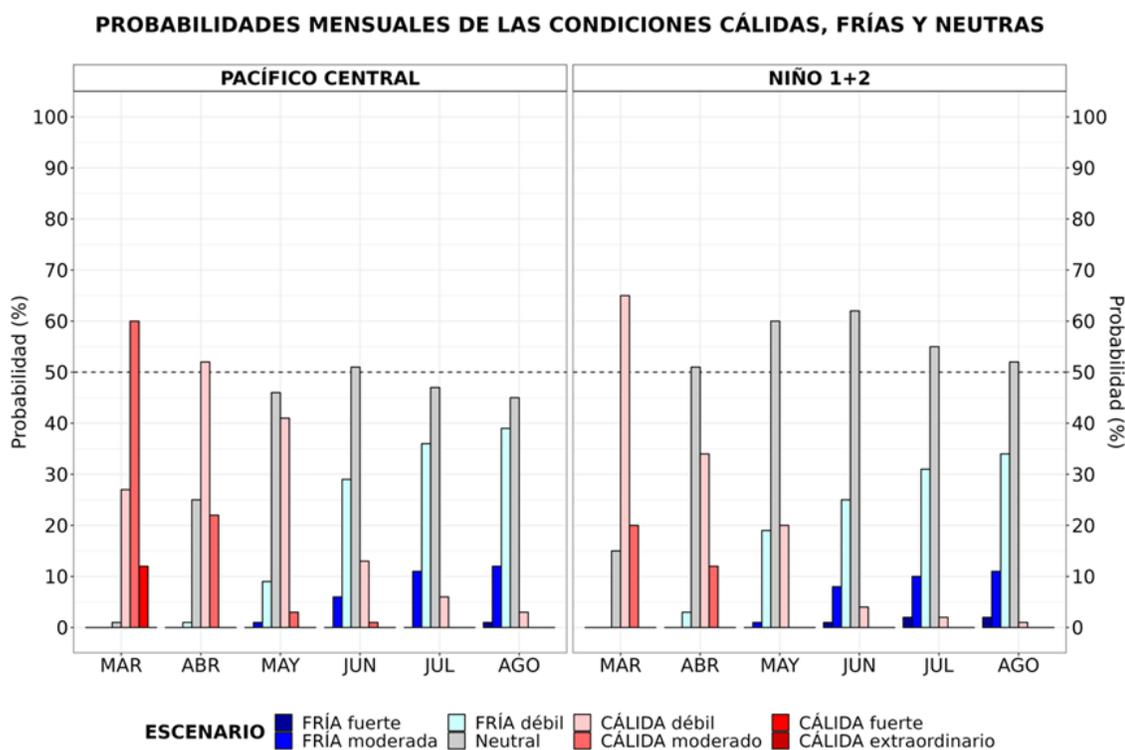


Figura 48. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre marzo y agosto 2024.

El pronóstico estacional para marzo-mayo 2024³ indica valores de temperaturas del aire de normal a sobre lo normal en la costa norte y centro. Por otro lado, es más probable que las lluvias en la costa y sierra norte registren valores dentro de lo normal, respectivamente, con eventos puntuales de lluvia de moderada intensidad en marzo en dichas regiones.

Entre marzo y abril, se prevén caudales normales en los ríos de la zona nor-occidental y centro-occidental, con posibilidad de eventos de crecidas repentinas y activación de quebradas, afectando principalmente en las actividades acuáticas de los ríos y zonas aledañas, en marzo. Además, se prevén caudales en el rango normal a debajo de lo normal en ríos de la región hidrográfica del Pacífico Sur y Titicaca, respectivamente. Asimismo, es probable que predominen caudales normales en los ríos de la región hidrográfica del Amazonas⁴.

En cuanto a los recursos pesqueros, hasta marzo, se espera que la anchoveta del stock norte-centro continúe con la disminución progresiva de sus procesos de maduración gonadal y desove, asociados a su período secundario de desove. Por otro lado, se mantendría la disponibilidad de especies como bonito, perico y sierra. Asimismo, se espera que el calamar gigante o pota mantenga su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte y centro.

³ Pronóstico estacional marzo -mayo de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-44.pdf>

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional febrero – junio 2024:
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-42.pdf>

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 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 son más probables las condiciones cálidas débiles hasta marzo. En abril se espera una transición de condiciones cálidas débiles a neutras. A partir de mayo es más probable un escenario de condiciones neutras, por lo pronto, hasta agosto.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con el pronóstico estacional vigente y las proyecciones hasta agosto, 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 15 de marzo 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., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- 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 (BBP)	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	MERCATOR Ocean
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																						
Radiación de Onda Larga											X										IGP	* http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170_E_140W.gif http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170_W_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,

