

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 03

14 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)

Gral. Brig. Carlos Manuel Yáñez Lazo
Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Kobi Mosquera (IGP)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas, José Bustamante

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°03, 14 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: 16 de febrero de 2024



Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur en
el Perú al 14 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 14 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	45
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
VI.	REFERENCIAS	52
VII.	ANEXO	54

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 14 DE FEBRERO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

A lo largo del Pacífico ecuatorial las condiciones cálidas, en promedio, disminuyeron en enero 2024 respecto a diciembre 2023, excepto en la región occidental donde aumentaron ligeramente. En la región Niño 1+2 la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) presentó una condición cálida moderada en el promedio de enero, mientras que en las observaciones semanales se incrementó ligeramente en febrero (**Figura 1, Tabla 1 y Tabla 2**). Según los datos semanales del OISST en las regiones Niño para la primera semana de febrero 2024 se registraron anomalías de +1,7 °C en Niño 3.4; +1,6 °C en Niño 3 y en Niño 1+2 de +1,2 °C (**Tabla 2**).

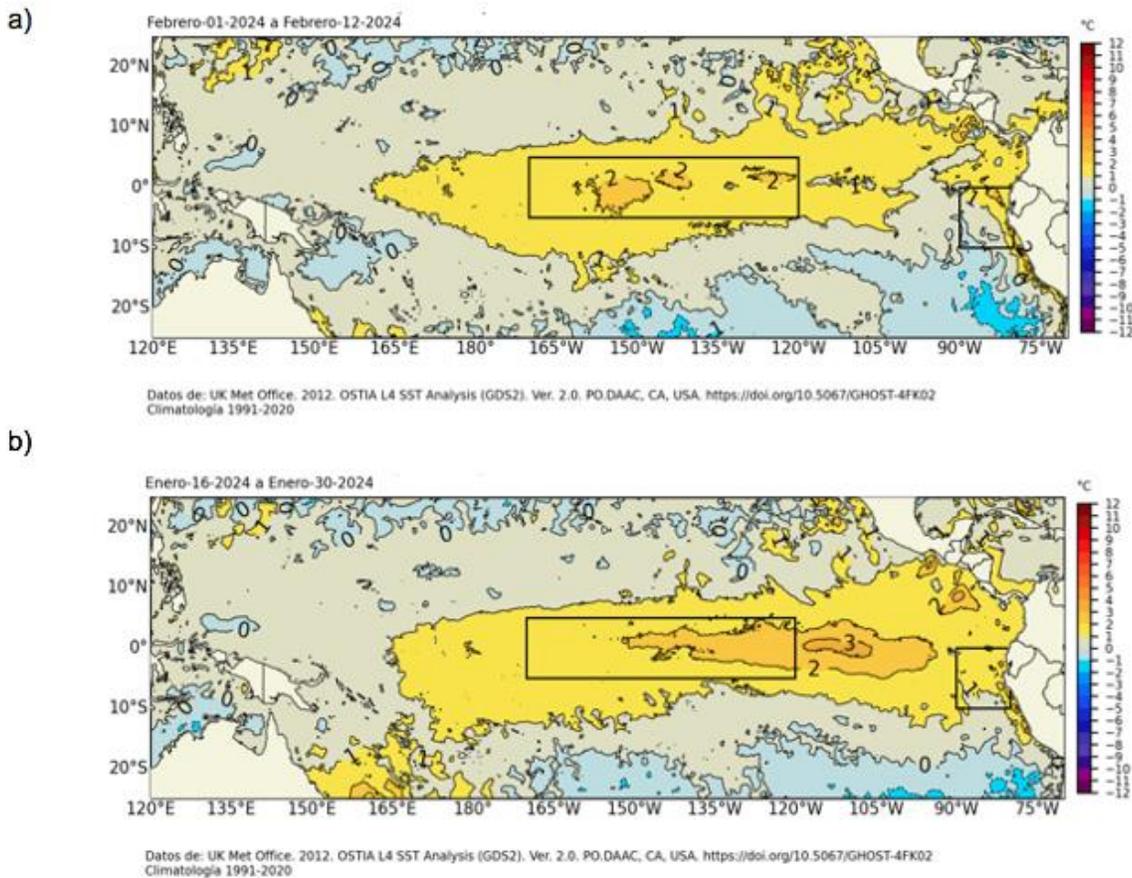


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico Tropical del a) 01 al 12 de febrero 2024 y b) del 16 al 30 de enero 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
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	2.07	27.21	2.10	28.72	2.02	30.21	1.51
Dic 23	24.42	1.60	27.24	2.02	28.62	2.02	30.04	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 4	
10-Jan-24	25.0	0.9	27.4	2.0	28.4	1.5
17-Jan-24	25.4	0.8	27.5	1.9	28.2	1.4
24-Jan-24	25.7	0.7	27.5	1.8	28.1	1.6
31-Jan-24	26.3	1.0	27.8	1.9	28.3	1.5
07-Feb-24	26.9	1.2	27.7	1.6	28.2	1.3

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de diciembre y el del 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 del temporal (ONItmp) de enero corresponden a las condiciones cálidas fuertes (**Tabla 3**).

Tabla 3. Valores del ONI e ICEN desde diciembre de 2022 hasta noviembre de 2023 y sus valores temporales de diciembre.

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	1,12	Cálida Moderada	1,80	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 de inicios de febrero (**Figura 2**). La señal de la onda de Kelvin fría disminuyó en 100°W, aproximadamente. Por otro lado, en la zona central del Pacífico, se observa una anomalía positiva del nivel del mar que sería la señal de una onda de Kelvin cálida que se habría formado por pulsos de viento del oeste que se desarrollaron entre fines de enero e inicios de febrero en la zona occidental y central (**Figura 2**). En lo que respecta a la presencia de ondas de Rossby relevantes en la zona oriental, aún se observan ondas cálidas como consecuencia de la reflexión de ondas de Kelvin cálidas. En la zona occidental, no se observa la presencia de ondas de Rossby relevantes (**Figura 3**). En la profundidad de la termoclina, la señal de la onda de Kelvin fría ya habría iniciado su arribo al extremo oriental del Pacífico ecuatorial (Figura 2b). Se observa, por otro lado, la señal de una onda de Kelvin cálida localizada en 160°W, aunque con una magnitud débil.

(2°S to 2°N average)

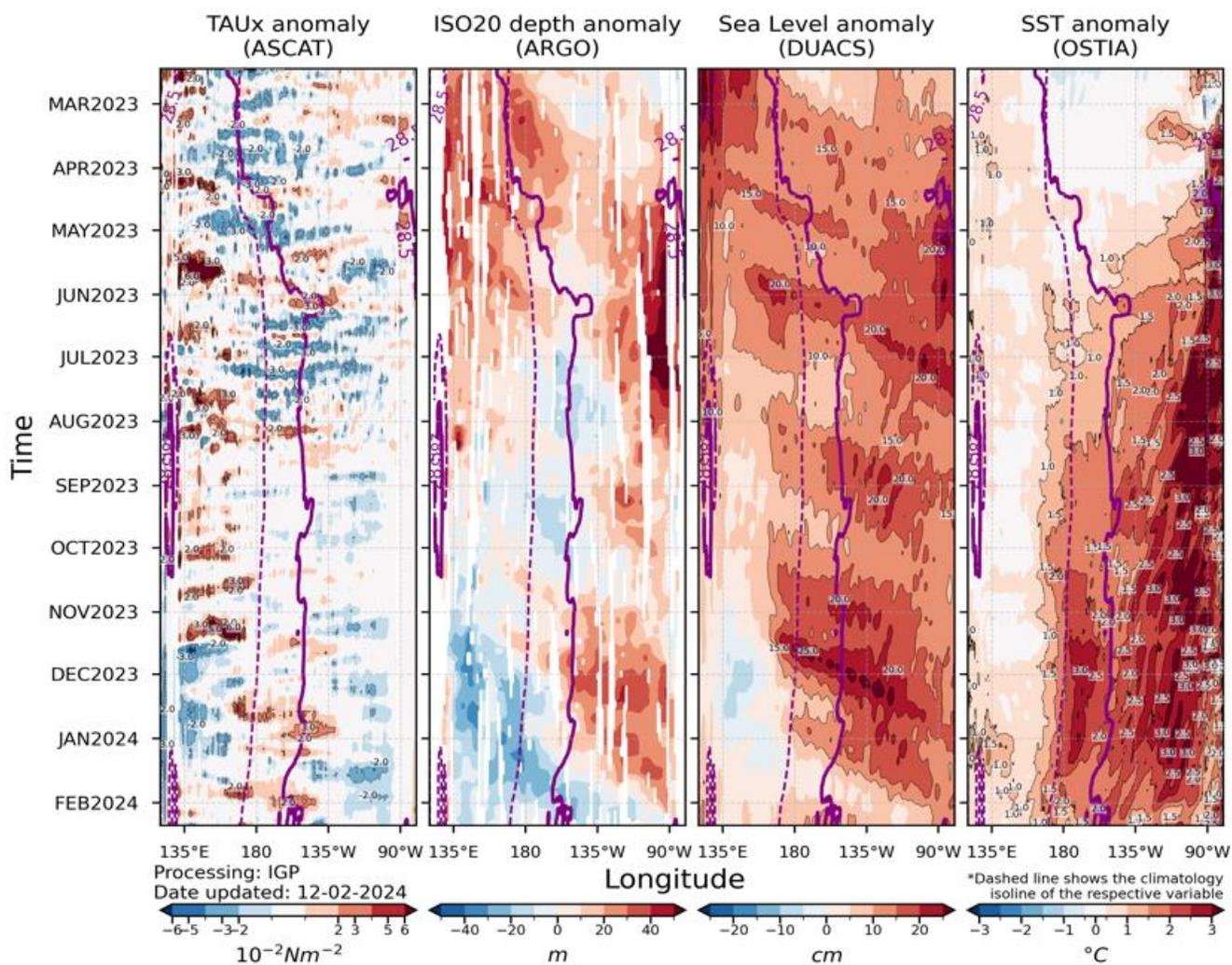


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar ($^{\circ}C$) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

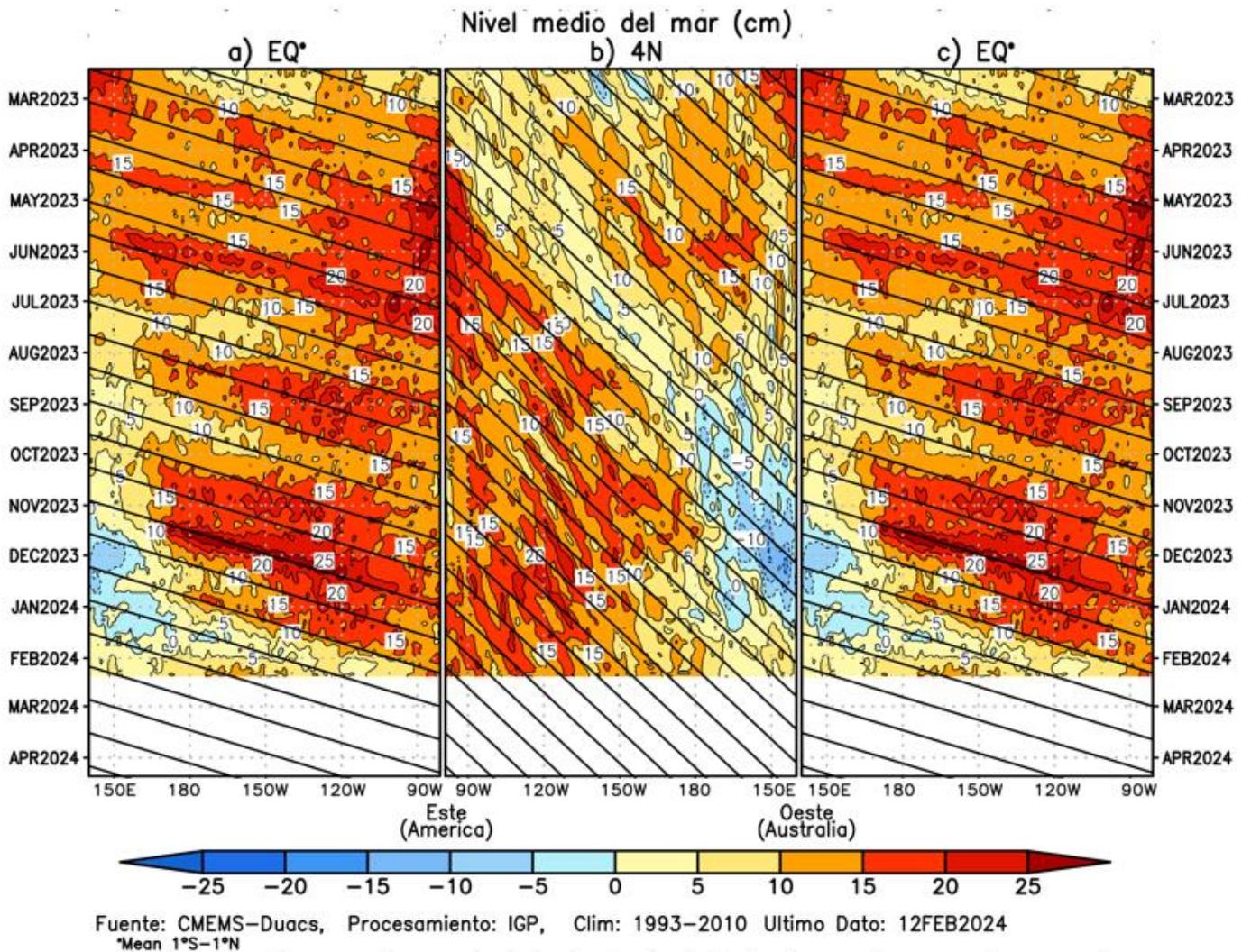


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras 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 (-2hPa), extendiéndose hacia la región oriental, limitándose hasta los 120°W. Hacia el noroeste de la franja del mar continental, se mantuvieron anomalías positivas de presión atmosférica de hasta +4hPa, favoreciendo ausencia de precipitaciones sobre la región, sin embargo, hacia el sur del mar continental se presentaron precipitaciones esporádicas (al sureste de Australia). Además, en el Pacífico oriental la subsidencia en continente de la circulación Walker se fortaleció con respecto al mes de enero, presentando anomalías positivas de presión (+1 a +2hPa) por lo que ya no se aprecian patrones convectivos entre 45°W y 60°W; sin embargo, en 90°W persiste convección (**Figura 4c y 1d**).

El gradiente de presión que se extiende desde el mar continental hacia el Pacífico oriental favoreció el predominio de flujos de anomalías del oeste desde los 150°E hasta los 120°W (**Figura 4b y 1d**). Este gradiente se ha fortalecido en comparación con el mes anterior (enero 2024), como lo demuestran los valores más negativos del Índice de Oscilación del Sur (SOI). La media móvil del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 12 de febrero del 2024, alcanza el valor de -11.3, más asociado a condiciones favorables para flujos del oeste. Por otro lado, el ramal subsidente de la circulación de Walker, sobre la franja de los 150°E mostró una reducción del área que abarcó respecto a lo observado en enero. Respecto a la velocidad potencial hacia finales del mes de enero del 2024 predominó la fase convergente y se espera que esta tendencia persista hasta mediados de febrero, con una breve ventana de fase divergente entre mediados y finales de febrero que podrían favorecer convecciones de gran desarrollo vertical (**Figura 5c**).

El promedio del mes de febrero (1-12 febrero) en niveles bajos de la troposfera (1000 hPa), presentó anomalías del oeste entre los 150°E a 120°W; (**Figura 4b**). En niveles de alta tropósfera de la franja tropical se observaron anomalías de flujos del este en forma predominante desde los 90°W hasta los 180°W; mientras que de 90°W a 30°W en el Pacífico oriental predominaron vientos del oeste, que ingresaron a la región peruana y de Ecuador, limitado las convecciones de gran desarrollo vertical.

En niveles bajos de la atmósfera (capa de 1000-850 hPa), se observaron anomalías del oeste en el Pacífico occidental (150°E a 120°W) reduciendo su extensión en el tiempo en comparación con el mes de enero; las anomalías próximas a superficie (1000 hPa) oscilaron entre 1 a 5 m/s, mientras que en niveles de 850 hPa los valores llegaron hasta los 7 m/s (**Figura 5a y 2b**). En zonas cercanas a continente se presentaron anomalías del oeste y del norte asociado al debilitamiento de la presión atmosférica; condición que fue favorecida por el debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) ubicado al suroeste de su posición habitual con anomalías de hasta +8 hPa (en su núcleo, ver figura 3). Por otro lado, observó el debilitamiento del gradiente isobárico frente a la costa del Perú, lo que favoreció vientos débiles con anomalías del oeste y norte, contribuyendo al aumento de la TSM principalmente en el área Niño 1+2 (**Figura 6 y Figura 8**).

01FEB2024–12FEB2024

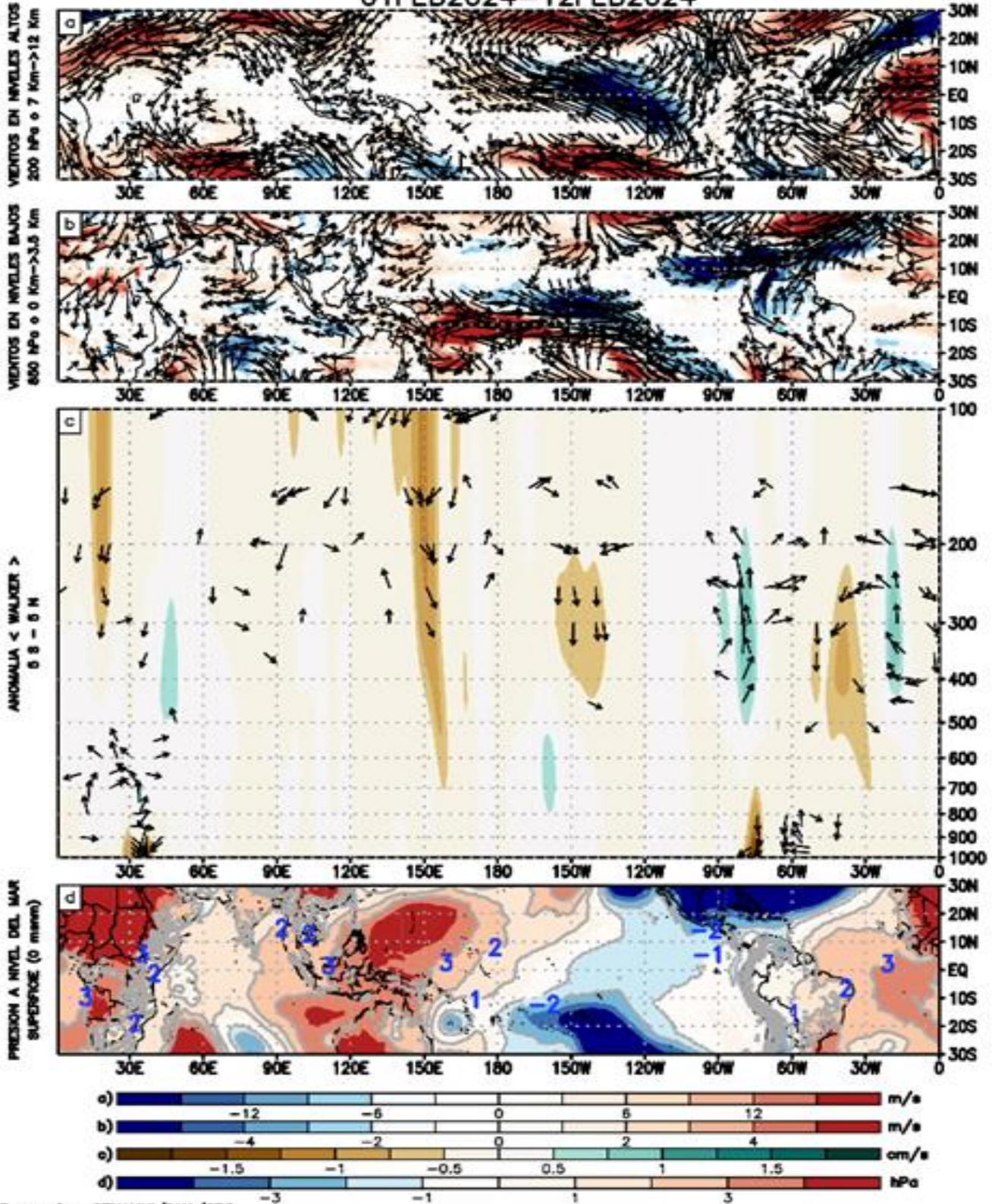


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-12 de febrero de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

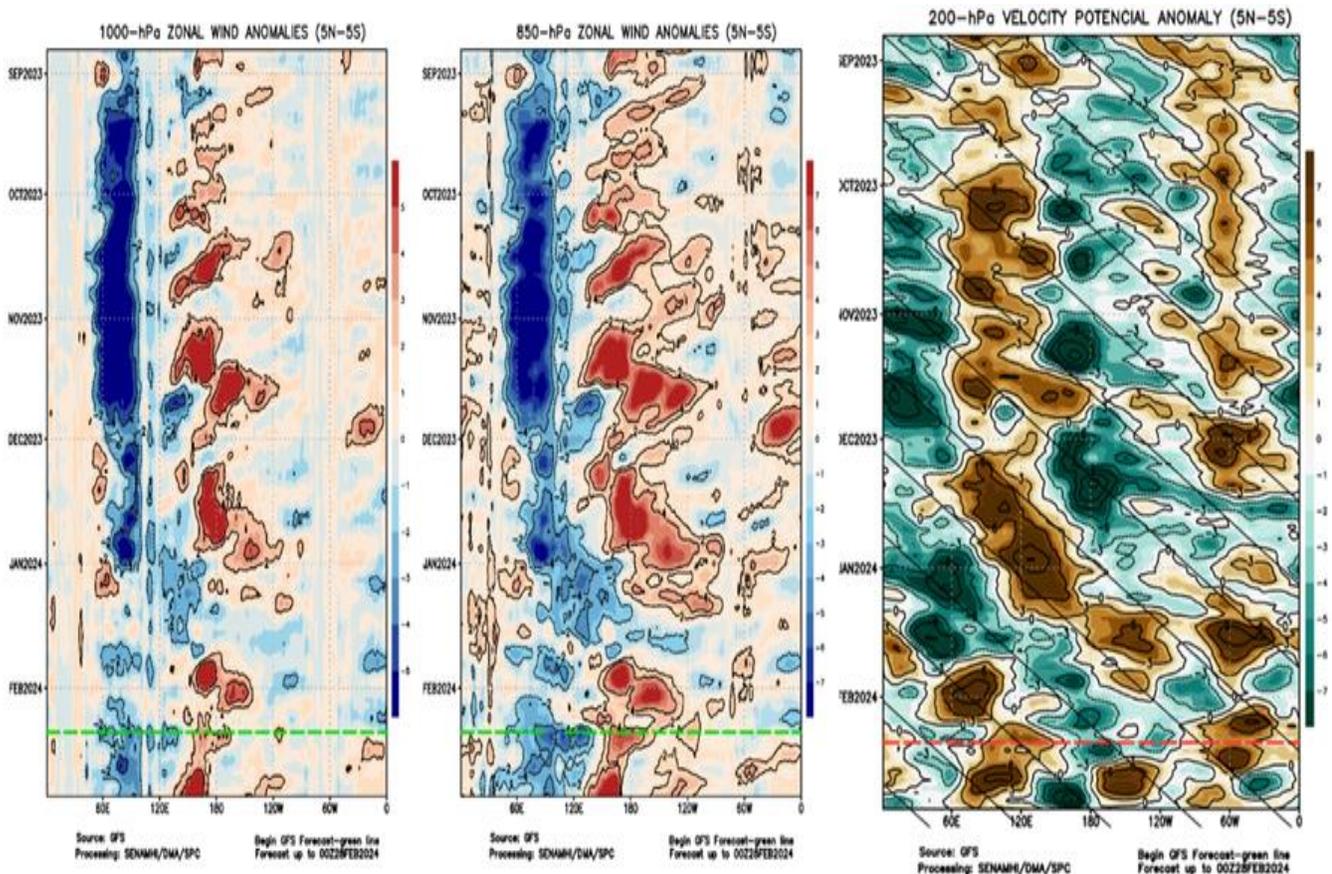


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre agosto 2023 a febrero del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

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 separaron en dos núcleos (occidental – oriental) de igual intensidad alrededor de los 1024 hPa, pero hacia el sur de su posición climática. El comportamiento del APS para lo que va de febrero presenta una configuración sureste a noroeste, ubicado al sureste de su posición climatológica, y además presentó una menor intensidad respecto a enero, llegando a 1018 hPa y con una anomalía de hasta -2hPa (**Figura 6**).

El pronóstico del modelo GFS indica que los vientos alisios entre el 15 al 28 de febrero estarían presentándose en forma variable asociado al comportamiento fluctuante del APS (**Figura 7**), lo que posiblemente favorecerá ingreso de humedad y aire cálido principalmente para la zona norte de la costa peruana. (**Figura 8**).

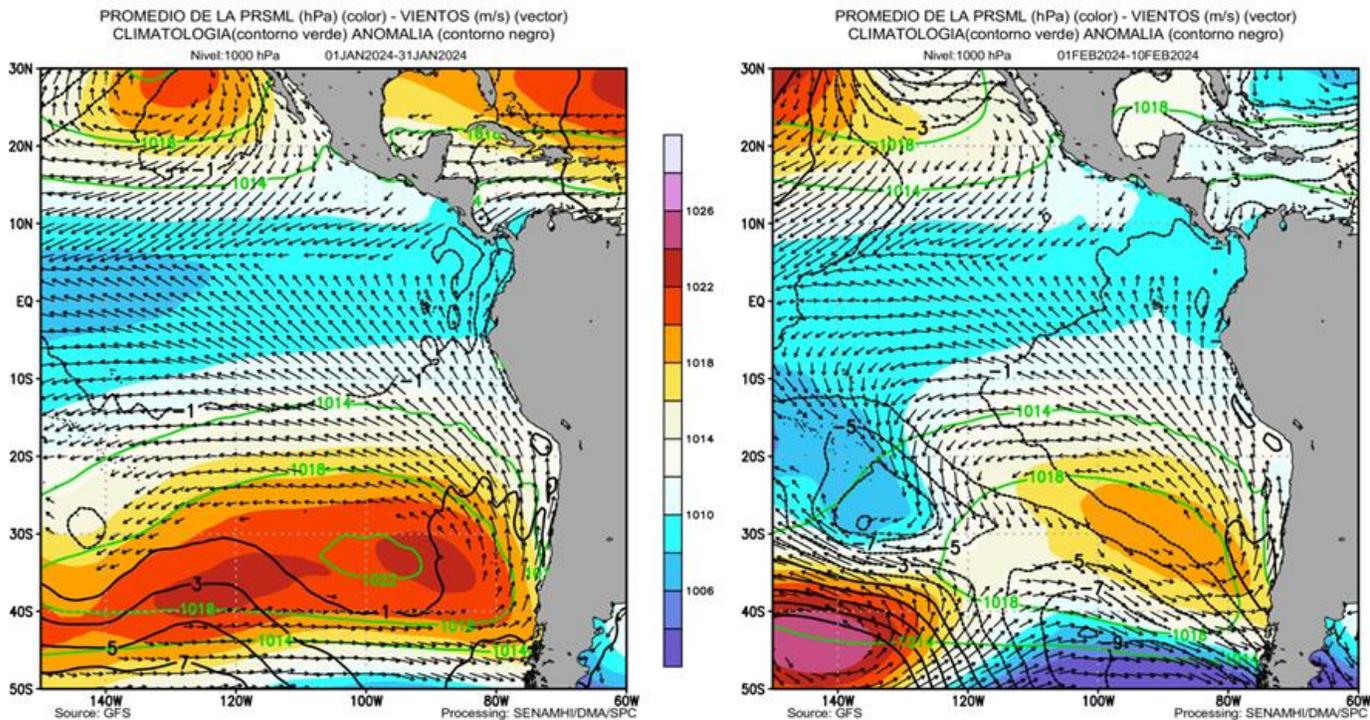


Figura 6. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 31 de enero (izq.) de 2024 y 01 al 10 de febrero (der.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalia de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalia de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

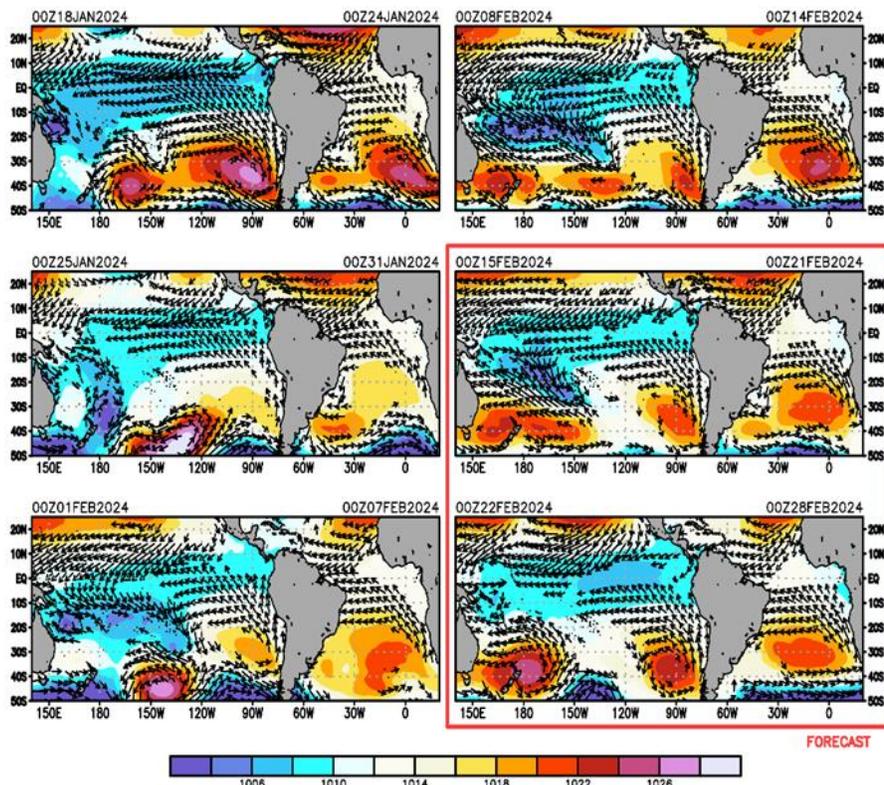


Figura 7. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 18 de enero del 2024 al 14 de febrero de 2024. Pronóstico: del 15 de febrero al 28 de febrero del 2024. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

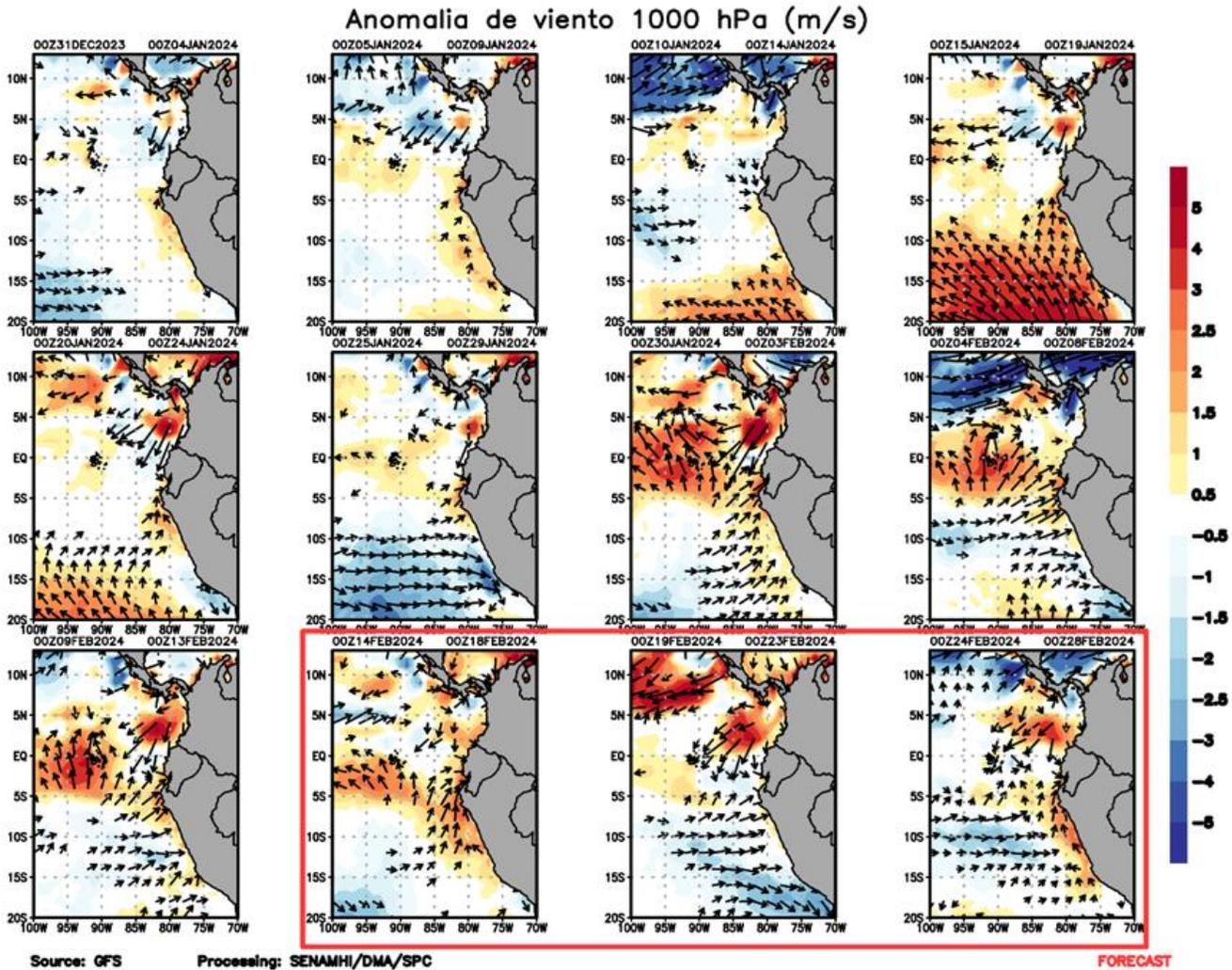


Figura 8. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 31 de diciembre 2023 al 13 de febrero de 2024. Pronóstico: del 14 de febrero al 28 de febrero del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

Para el trimestre NDE 2023-2024, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango intenso (+2,5 hPa) y se ubicó alrededor de su posición normal. Con respecto al trimestre OND, el APS presentó un ligero debilitamiento de su intensidad y un desplazamiento al este. En enero 2024, el APS se ubicó en promedio en los 95,0°W y 32,5°S, desplazado al este de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1023,4 hPa y una anomalía de +0,4 hPa, inferior a diciembre (Figura 9).

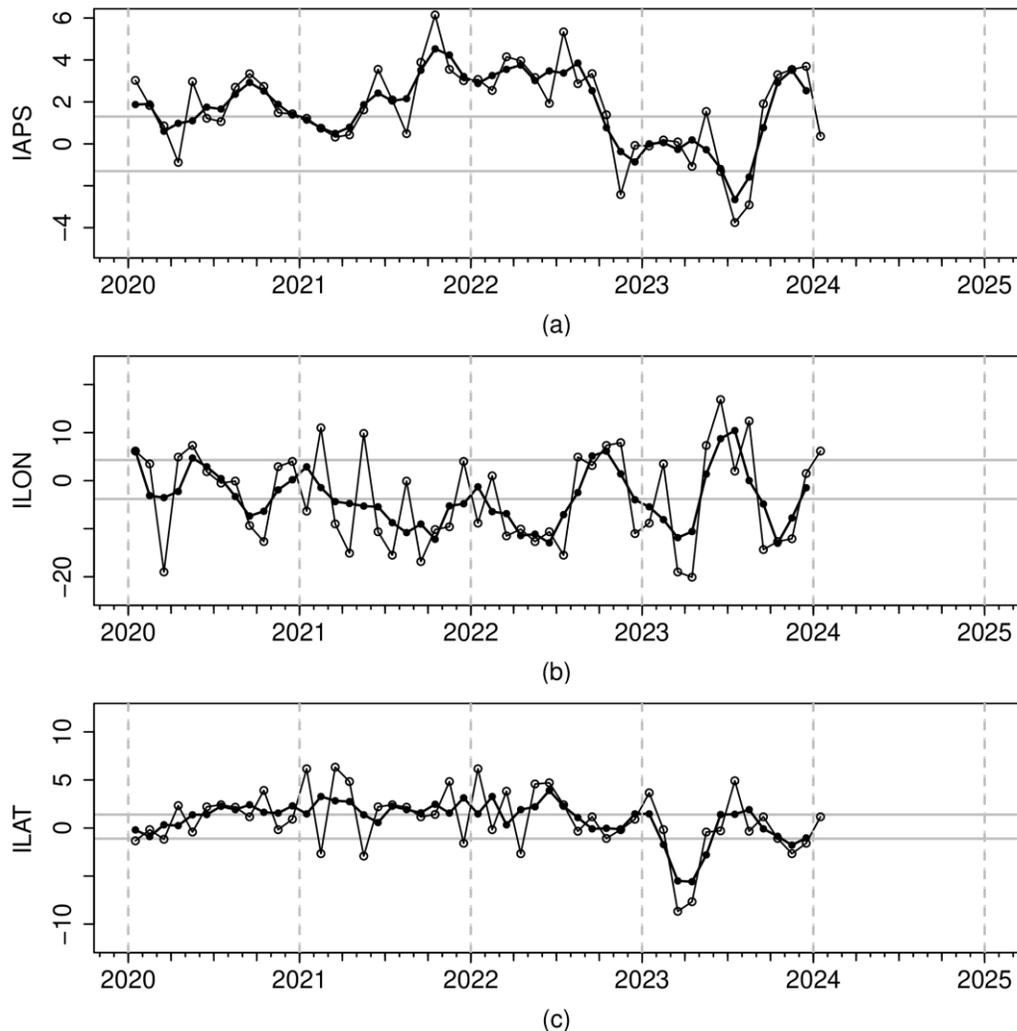


Figura 9. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILO) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre NDE 2023-2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta enero 2024 (preliminar).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

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante la primera quincena de enero, en la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron vientos moderados (de 4,1 a 6,8 m s^{-1}), con anomalías de VV positivas ($> +1,0 \text{ m s}^{-1}$). Durante la tercera semana de enero y la primera semana de febrero 2024, predominaron vientos débiles (menores a 4,1 m s^{-1}) con anomalías de velocidad de viento (VV) negativas (menores a $-2,0 \text{ m s}^{-1}$). Finalmente, en la segunda semana de febrero predominaron vientos moderados con anomalías de VV positivas (Figura 10). El afloramiento costero se mantuvo intenso frente a Talara - Chicama ($> 250 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$) con anomalías positivas, en tanto que al sur de San Juan de Marcona se debilitó, exhibiendo anomalías negativas ($< -50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$). Asimismo, se registró un debilitamiento generalizado a lo largo de la costa en la segunda semana de febrero. Respecto al bombeo de Ekman, en comparación a los meses anteriores, las anomalías disminuyeron en la segunda quincena de enero y primera semana de febrero, registrando inclusive valores negativos, posiblemente asociados al debilitamiento relativo del viento oceánico (Figura 11).

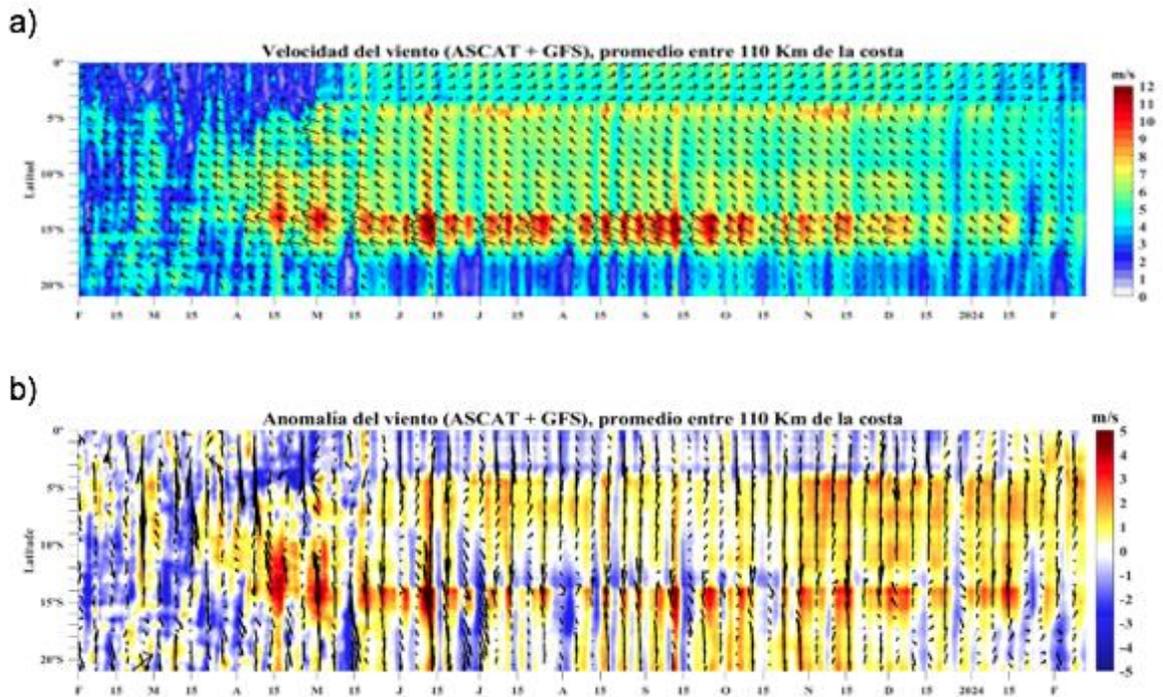


Figura 10. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 13 de febrero.

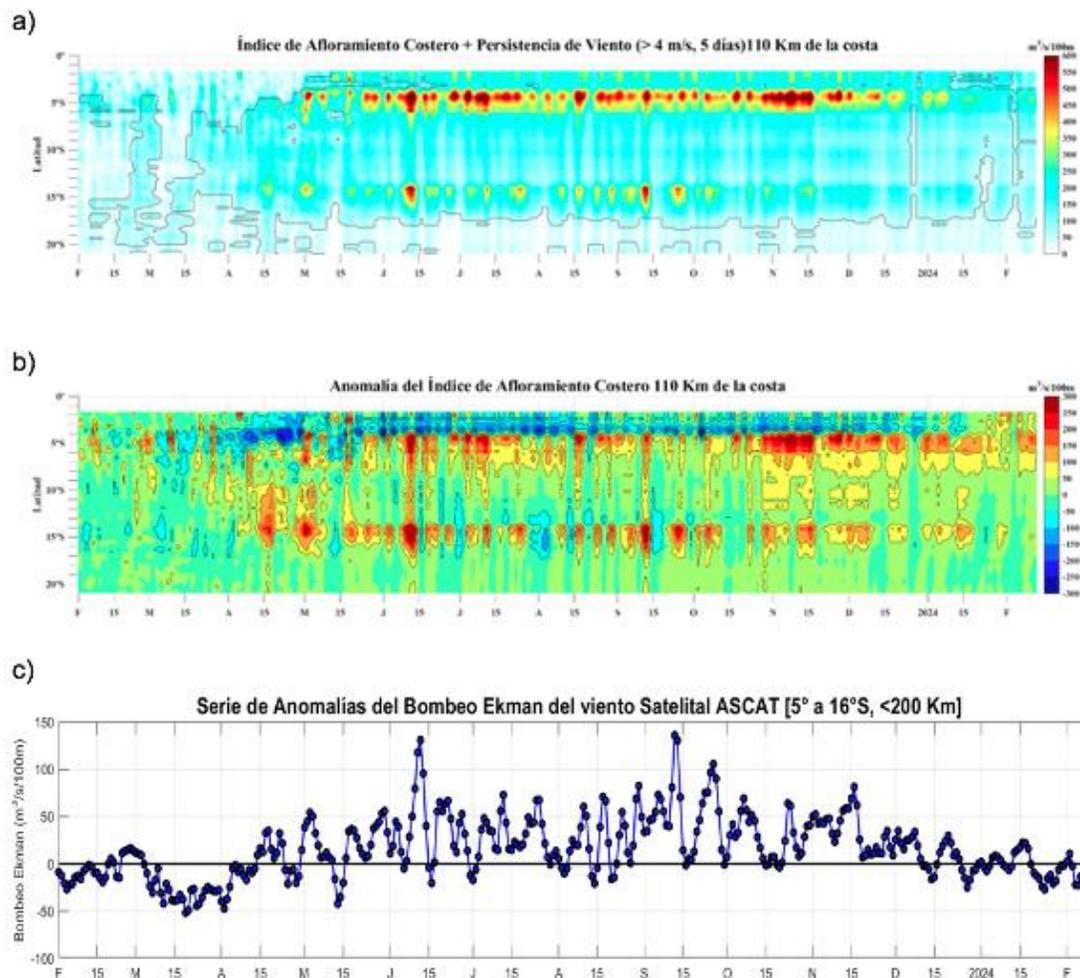


Figura 11. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del 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 13 de febrero.

En lo que va de febrero, a lo largo del litoral, tanto las temperaturas máximas como las temperaturas mínimas presentaron incrementos de $+0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ y $+0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente, en comparación con el promedio de enero de 2024. Este aumento se debe principalmente al calentamiento de la TSM, a la subsidencia a lo largo de la costa y a una mayor insolación solar.

Las temperaturas máximas a lo largo del litoral alcanzaron sus valores más altos en la costa central, con anomalías en promedio de $+2,5 \text{ }^\circ\text{C}$, seguida de la costa norte con una anomalía promedio de $+1,2 \text{ }^\circ\text{C}$. En la costa sur, las temperaturas se mantuvieron dentro de su variabilidad climática ($\pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$). Las condiciones más cálidas se registraron en la estación Trujillo- La Libertad con una anomalía en promedio de $+2,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (costa norte) y en la estación Campo de Marte en Lima (costa central), con una anomalía promedio de hasta $+3,2 \text{ }^\circ\text{C}$ respecto a su normal climática decadiaria.

En cuanto a las temperaturas mínimas, a lo largo del litoral se observaron condiciones cálidas con anomalías promedio de +1,7 °C en la costa norte, +2,5 °C en la costa central y +1,1 °C en la costa sur. Los mayores valores registrados alcanzaron anomalías promedio de hasta +2,7 °C en las estaciones Trujillo – La Libertad (costa norte), +3,7 °C en Huarmedy -Ancash (costa central) y +2,0 °C en La Yarada - Tacna (costa sur) respecto a su normal climática decadiaria (**Figura 12**).

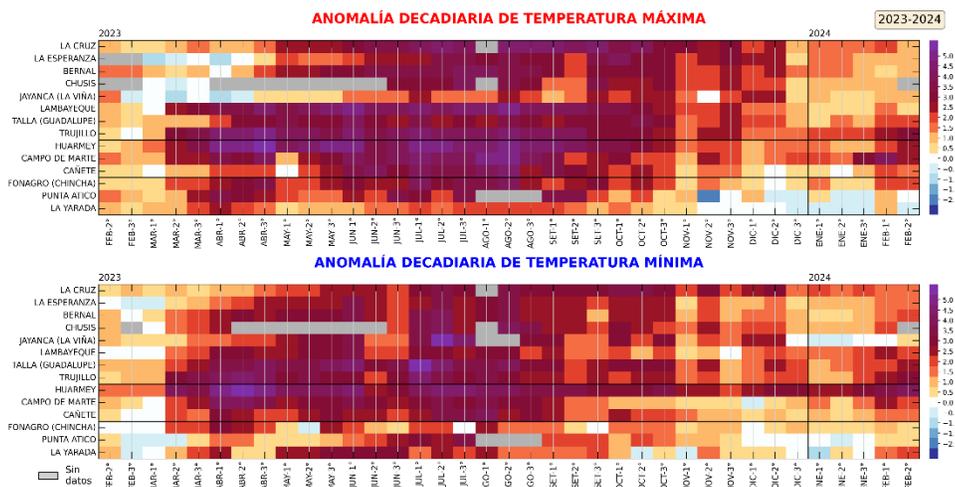


Figura 12. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano continuó presentando el incremento de la temperatura superficial frente a toda la costa durante enero y las primeras dos semanas de febrero 2024. Asimismo, estos valores de temperatura mostraron un incremento de las anomalías positivas frente a toda la costa de Perú, alcanzando valores alrededor de 2 °C frente a la costa norte y sur, y de 3 °C frente al centro, por dentro de las primeras 100mn (**Figura 13**). En la costa norte la temperatura promedio de las 50 millas y 100 millas se incrementó durante las primeras dos semanas de febrero en 2 °C, pasando de alrededor de 24.5 °C a 26.5 °C, estando más cálido a 100 mn respecto a 50 mn, como también sobrepasando ligeramente el umbral de 26.5 °C a 100 mn de la costa norte (Figura 14a)

A otra escala, en el litoral centro de Perú la TSM presentó un calentamiento desde la segunda quincena de enero 2024, registrando una anomalía de +2 °C; mientras que frente a la costa norte y sur estuvieron alrededor de lo normal. Sin embargo, desde inicios de febrero se observó también un incremento de las anomalías en la zona norte y sur, desarrollándose un valor de hasta +3 °C en el litoral norte y ligeramente positivo en el sur. Por otro lado, frente a Ilo se observó un calentamiento local, de hasta 1 °C durante febrero (**Figura 14b**).

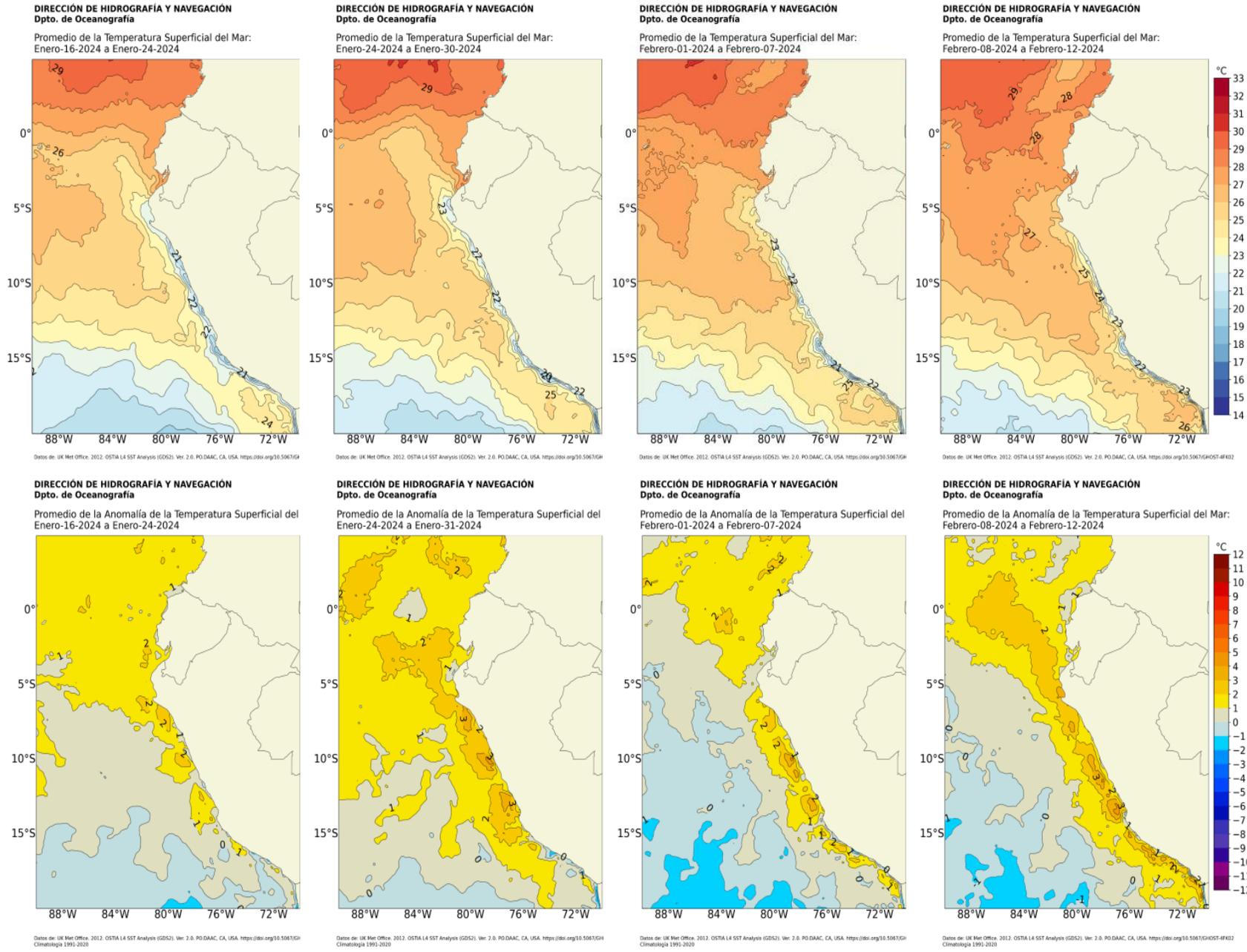
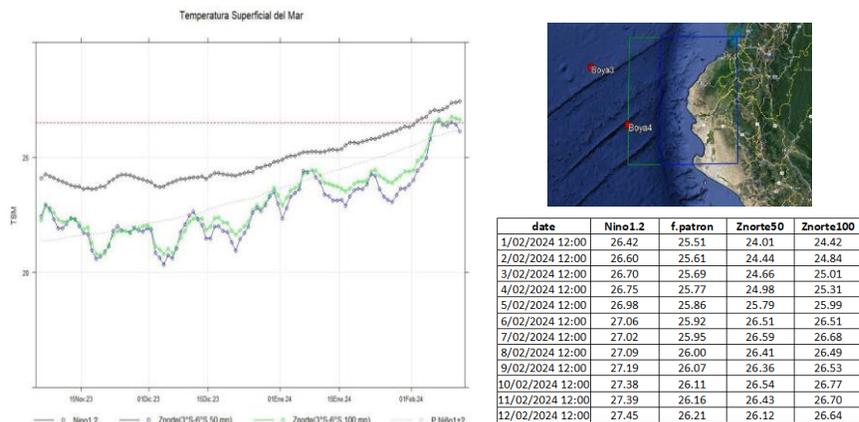


Figura 13. Distribución semanal de la a) temperatura y b) anomalía de la temperatura superficial del mar durante enero y febrero 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

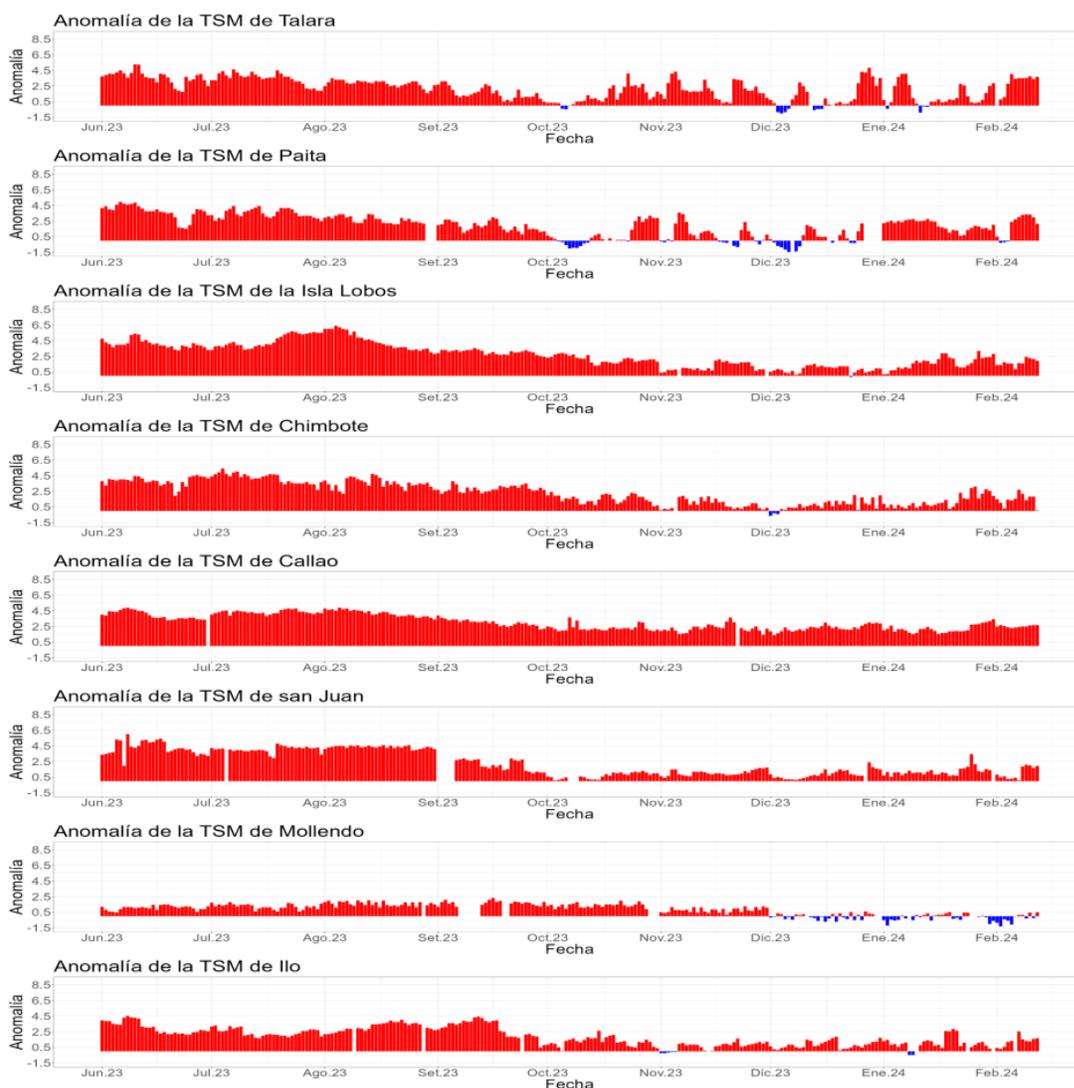


Figura 14. a) Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) de Paita del 19 de noviembre 2023 al 12 de febrero 2024 con fuente OSTIA, **b)** Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a febrero 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

En las últimas semanas, se observó el desarrollo de una nueva ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) iniciada el 28 de enero dentro de la franja de las 150 mn costeras, con una rápida expansión de área de su cobertura entre los 4 y 18.5°S, alcanzado un valor de $3,46 \times 10^5 \text{ Km}^2$ el día 11 de febrero (**Figura 15**). Además, se observó un núcleo pequeño con ATSM mayor a $+4 \text{ }^\circ\text{C}$, frente a Pisco a unas 30 mn mar adentro.

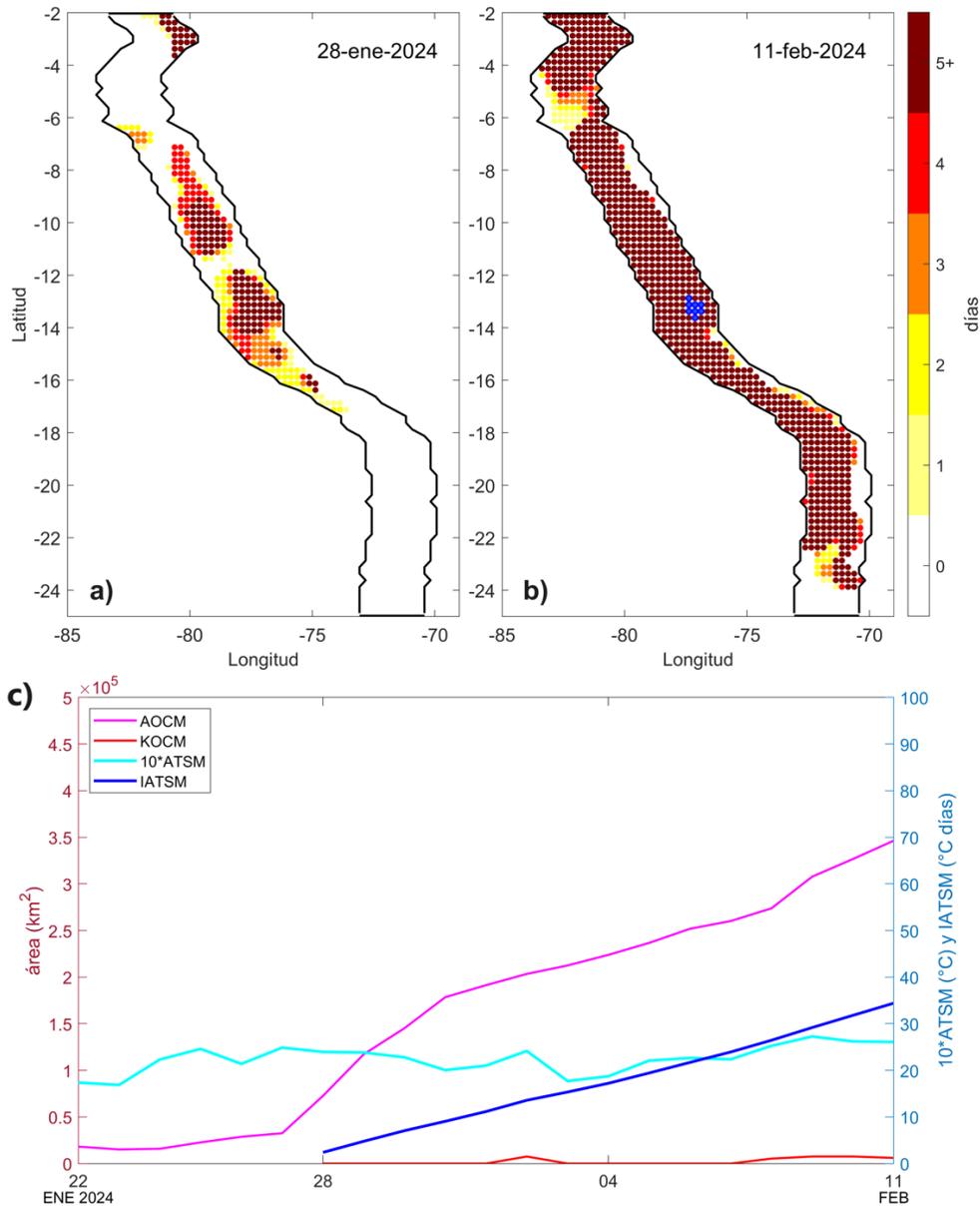


Figura 15. Distribución espacial de la ola de calor marina (OCM) entre los 2 °S y 25 °S, 70 °W y 85 °W el 28 de enero del 2024 (a) y el 11 de febrero del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); los círculos con relleno azul indican que allí la OCM supera la anomalía de $+4 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 $> +4 \text{ }^\circ\text{C}$ (KOCM, 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 $34.41 \text{ }^\circ\text{C días}$ al 11 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 desde la última semana de enero presentaron un aumento paulatino desde el sector ecuatorial hacia el sur, alcanzando la zona de Chicama con valores mayores a +15 cm y un máximo valor de +19,4 cm (Tumbes) el 8 de febrero. Al sur de Chicama, las ANM también se incrementaron, presentando valores de hasta +17,5 cm frente a Cerro Azul. En los últimos días se registró la disminución de las ANM al norte de Tumbes con un valor de hasta ~+10 cm. (Figura 16).

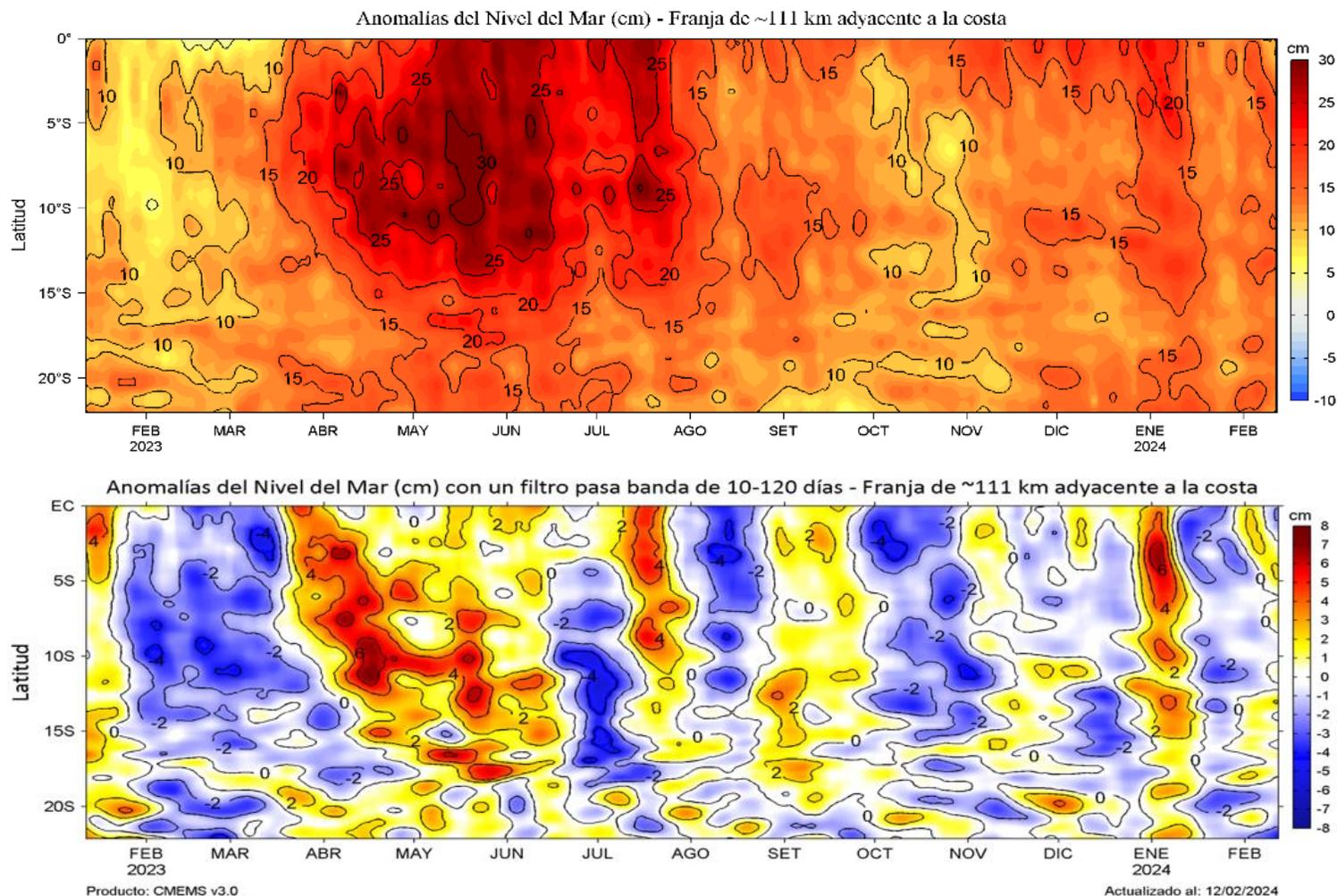


Figura 16. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 22 de enero 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

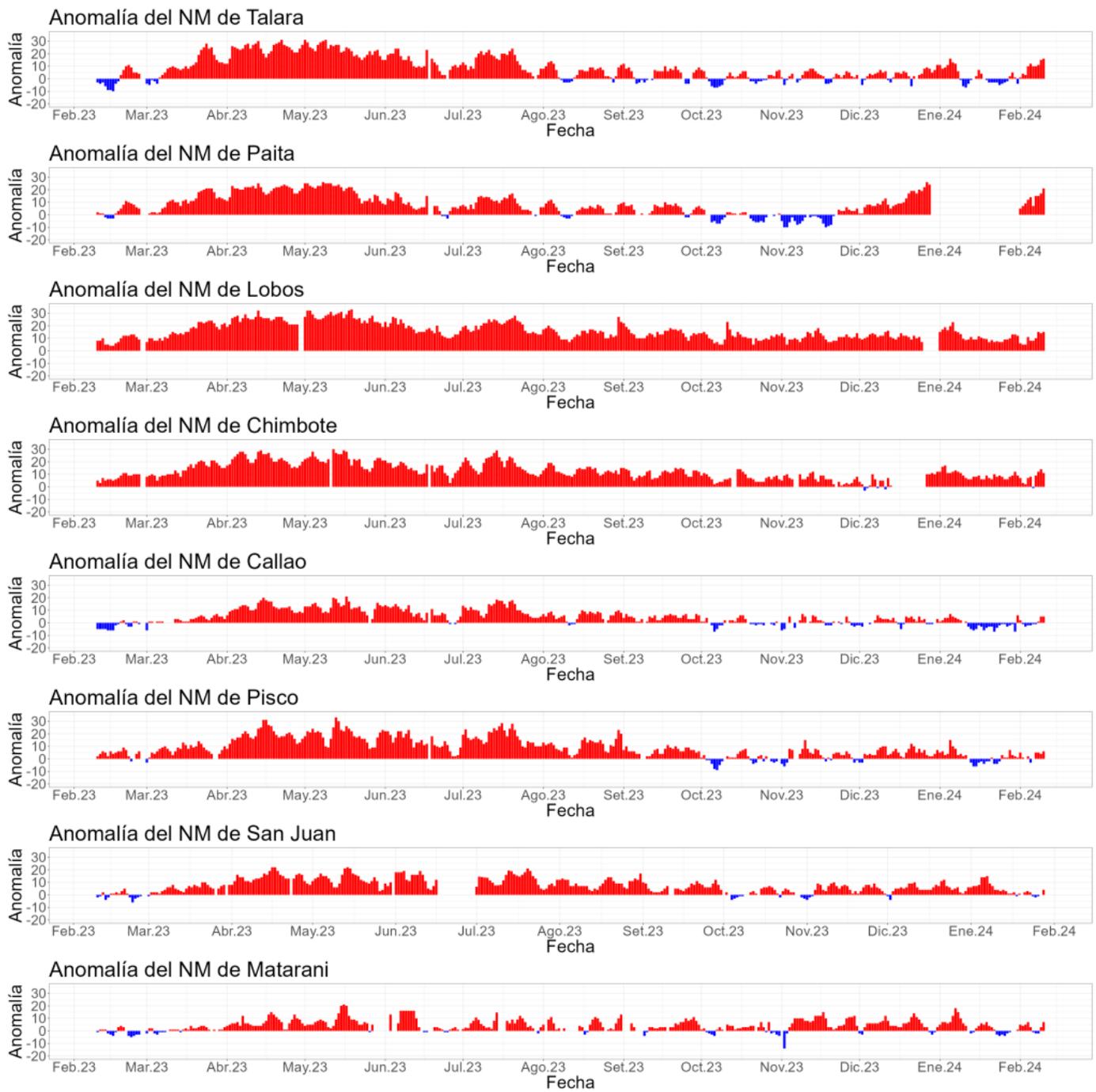
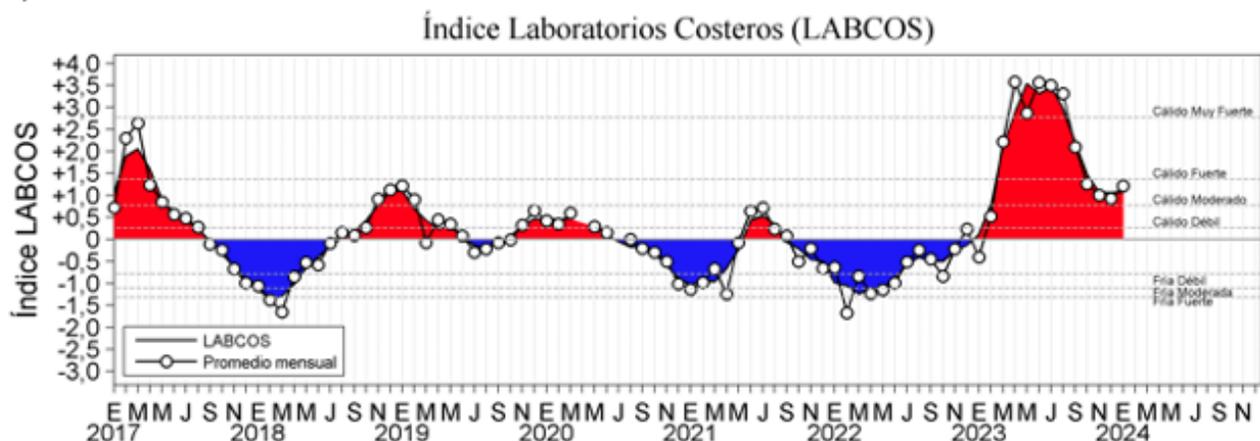


Figura 17. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de febrero 2023 a febrero 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil trimestral de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de +1,08 para enero del 2024, manteniendo una condición cálida moderada desde noviembre, 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 valor de +0,4 para diciembre 2023 y un valor temporal de +0,6 para enero del 2024 (**Figura 18**).

a)



b)

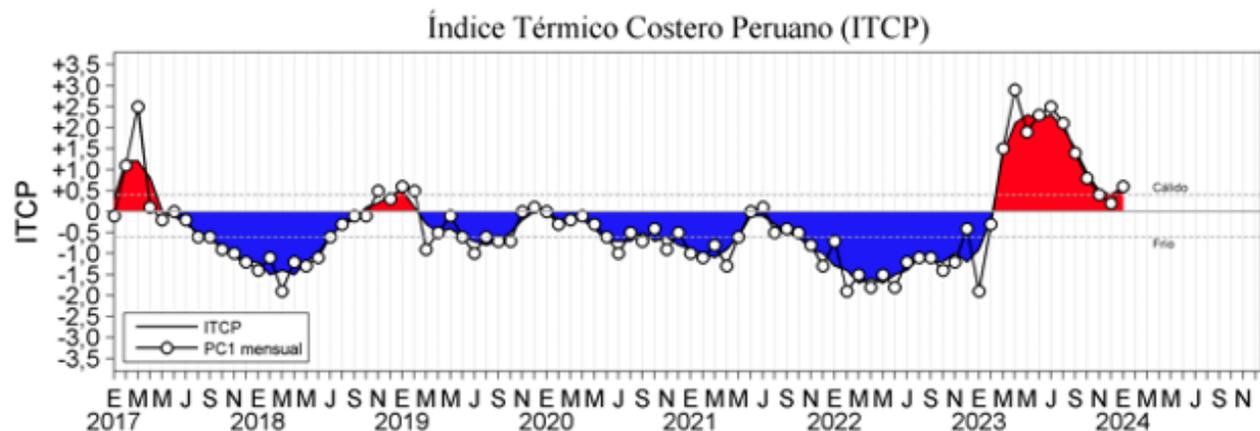


Figura 18. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2024.

Respecto a la temperatura subsuperficial, en el mes de enero y los diez primeros días de febrero, frente a Tumbes entre las 100 y 220 mn frente a la costa se observaron anomalías entre +0,5 °C y +4 °C sobre los 300 m de profundidad principalmente, asociado al paso de las últimas ondas Kelvin cálidas. En la tercera semana de enero se observó una atenuación de las anomalías térmicas, observándose valores entre +0,5 °C a +2 °C sobre los 300 m.

Frente a la costa central, entre las 120 y 300 mn, se detectaron anomalías entre +0,5 °C y +3 °C sobre los 80 m de profundidad, en promedio (**Figura 15**). Por otro lado, en la segunda semana de febrero, entre Paita y Chicama, dentro de las 100 mn frente a la costa, se registraron anomalías entre +0,5 °C y +4 °C sobre los 350 m de profundidad principalmente (**Figura 19**). Además, entre Chicama y Chimbote, dentro de las 50 mn, se detectaron anomalías entre +1 °C y +3 °C sobre los 150 m de profundidad. (**Figura 20**). Todos estos procesos se vieron reflejados en la mantención de la termoclina por debajo de su profundidad climatológica en la segunda semana de febrero en Paita y Chicama; mientras que la profundidad de la oxiclina mostró una posición en la columna de agua más superficial y cercana respecto a su climatología frente a Paita y Chicama, respectivamente (**Figura 21**). Considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, en el mes de enero y primeros diez días de febrero, se han observado anomalías térmicas de hasta +4 °C y además las anomalías térmicas superiores a +1 °C continúan aún sobre los 150 m de profundidad, similar a lo observado entre agosto y diciembre de 2023. Cabe indicar que en lo que va de El Niño 2023-2024, la anomalía térmica acumulada en la columna de agua frente al norte del Perú excede a la registrada en El Niño 2015-2016 (**Figura 22**).

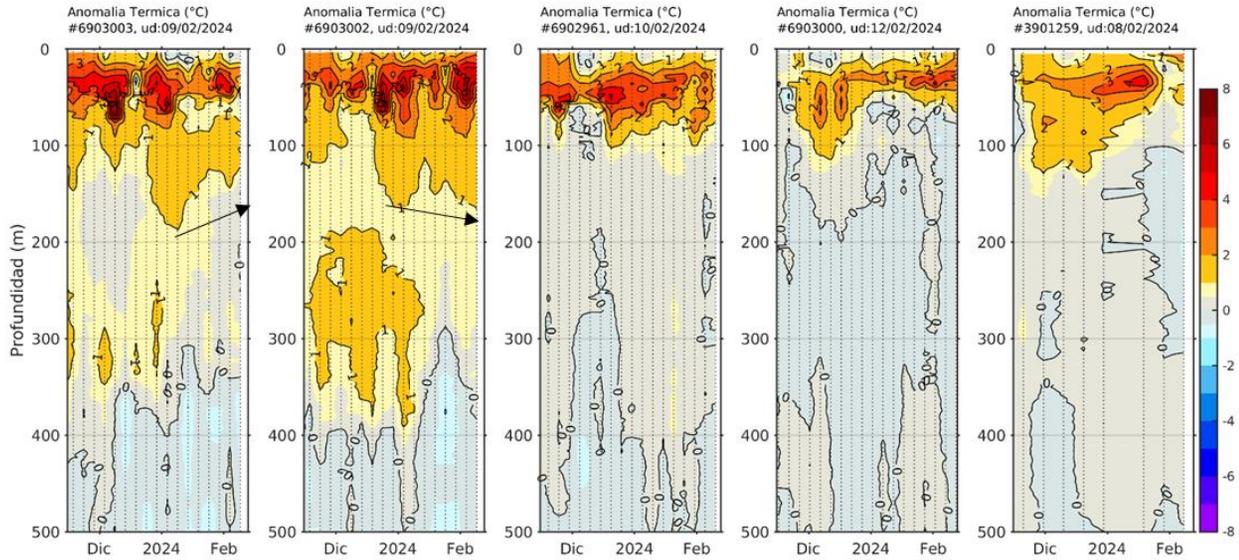
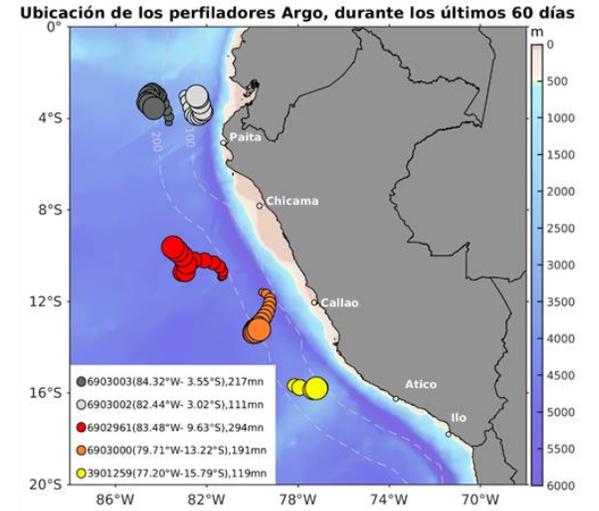
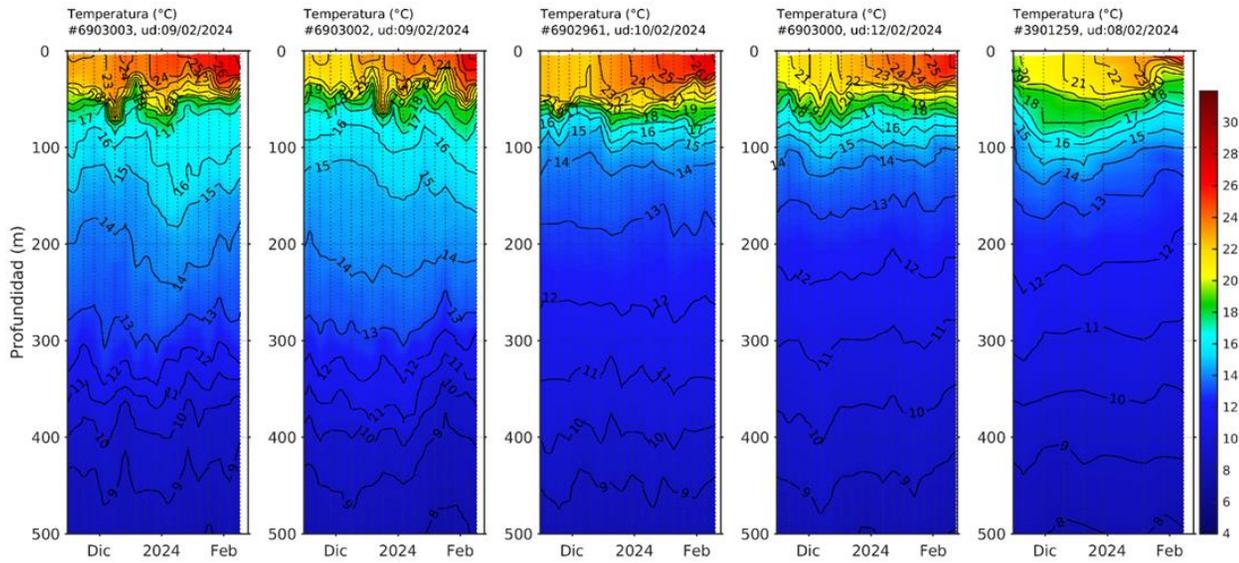
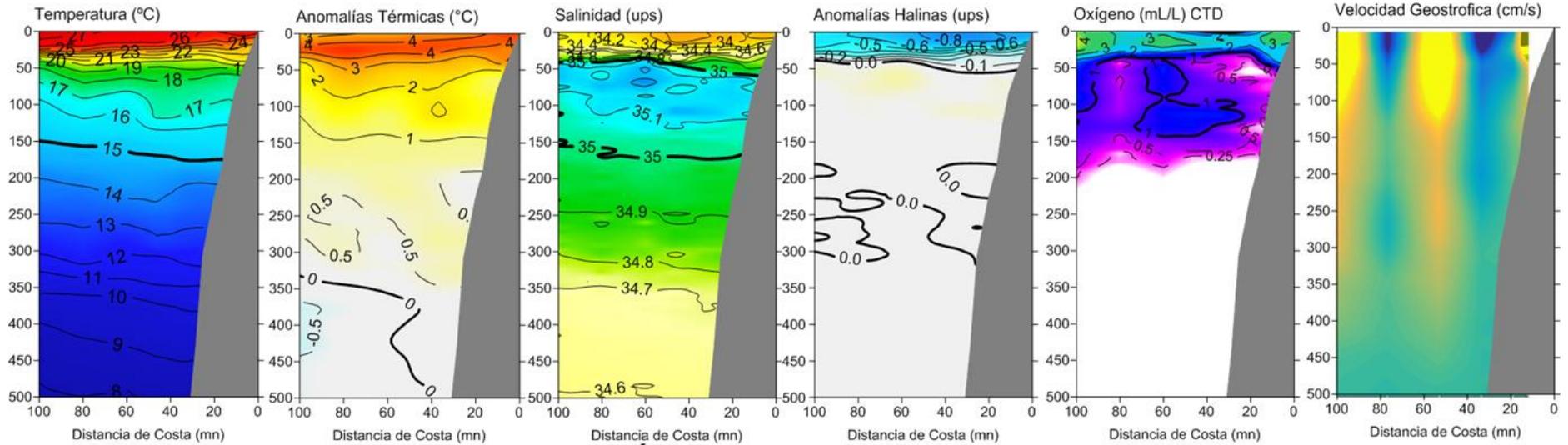


Figura 19. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (julio-agosto). Climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

SECCIÓN PAITA (09-10 Febrero del 2024)



SECCIÓN CHICAMA (07-08 Febrero del 2024)

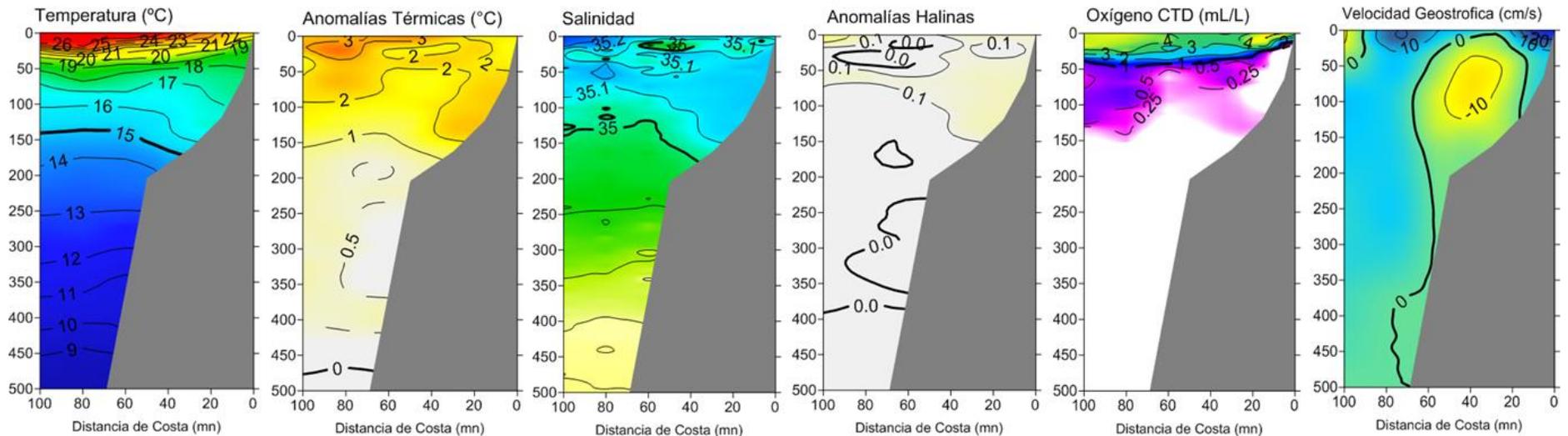
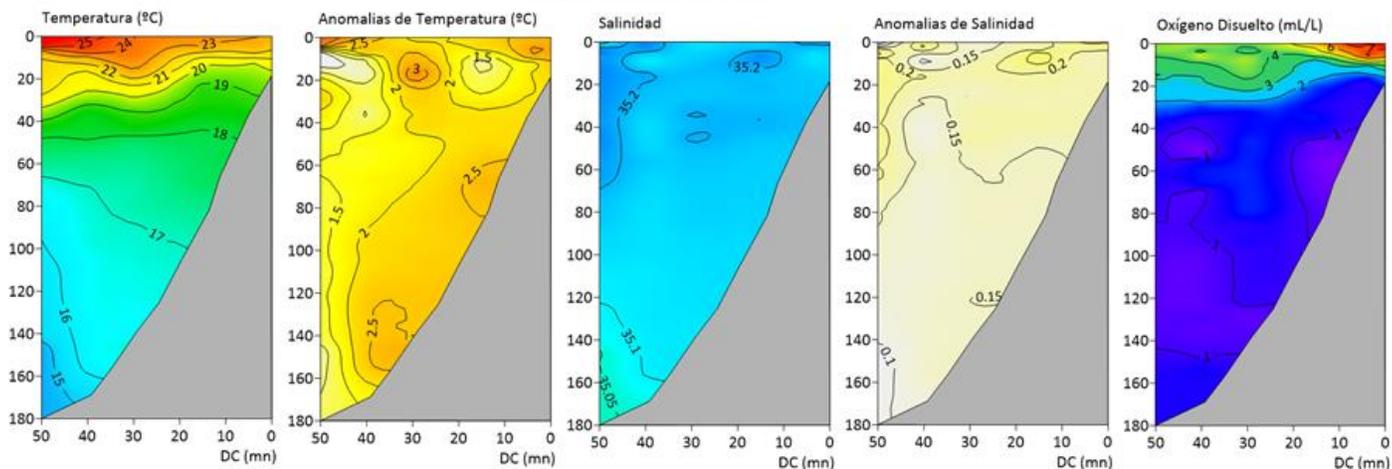
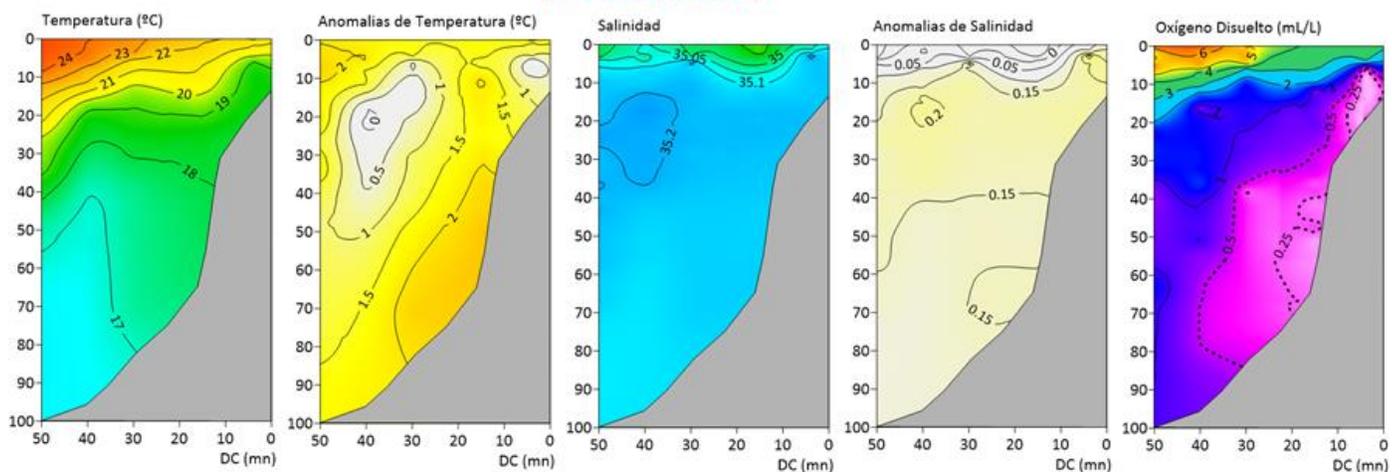


Figura 20. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, y corrientes geostroficas realizadas frente a Paíta y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 07 y 09 de febrero de 2024. Climatología: 1991-2020.

Sección Chicama - Cr. Supervivencia Larval 2024-02 BIC FLORES
(09 Febrero 2024)



Sección Salaverry - Cr. Supervivencia Larval 2024-02 BIC FLORES
(08 Febrero 2024)



Sección Chimbote - Cr. Supervivencia Larval 2024-02 BIC FLORES
(06 - 07 Febrero 2024)

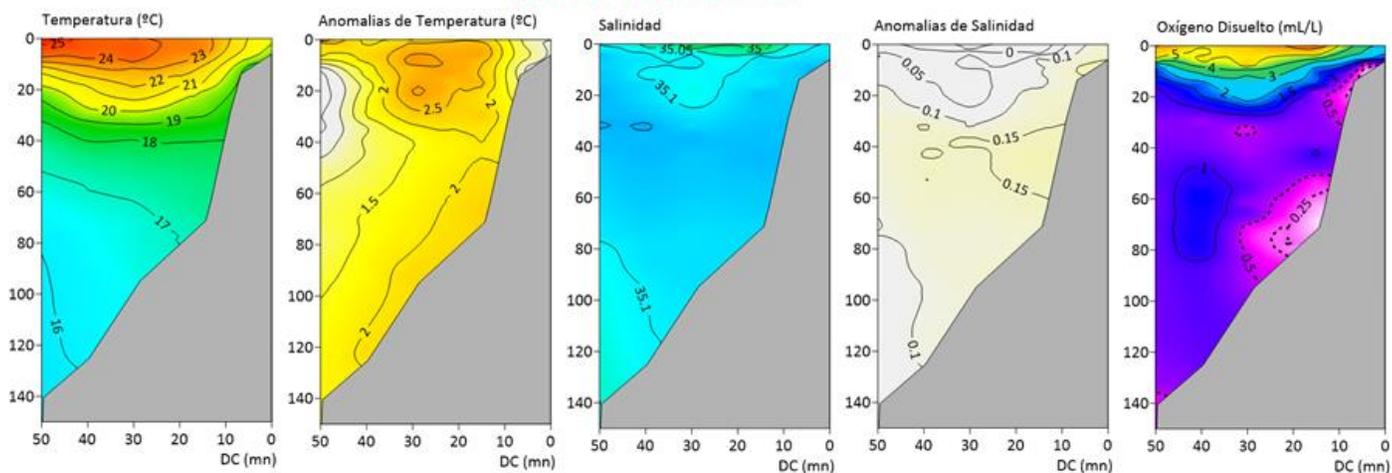


Figura 21. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Chicama, Salaverry y Chimbote dentro de las 50 mn, entre el 06 y 09 de febrero de 2024. Climatología: 1991-2020.

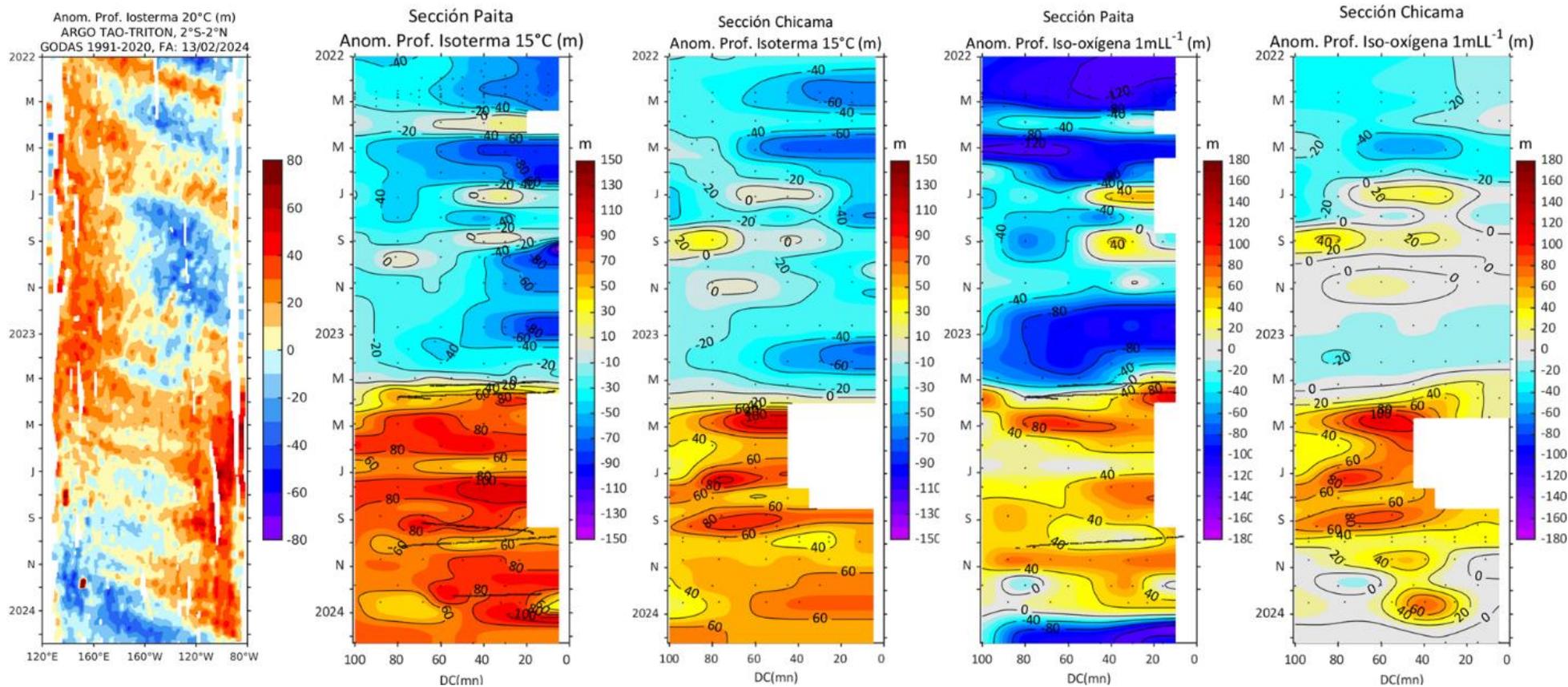


Figura 22. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base al monitoreo mensual realizado por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE

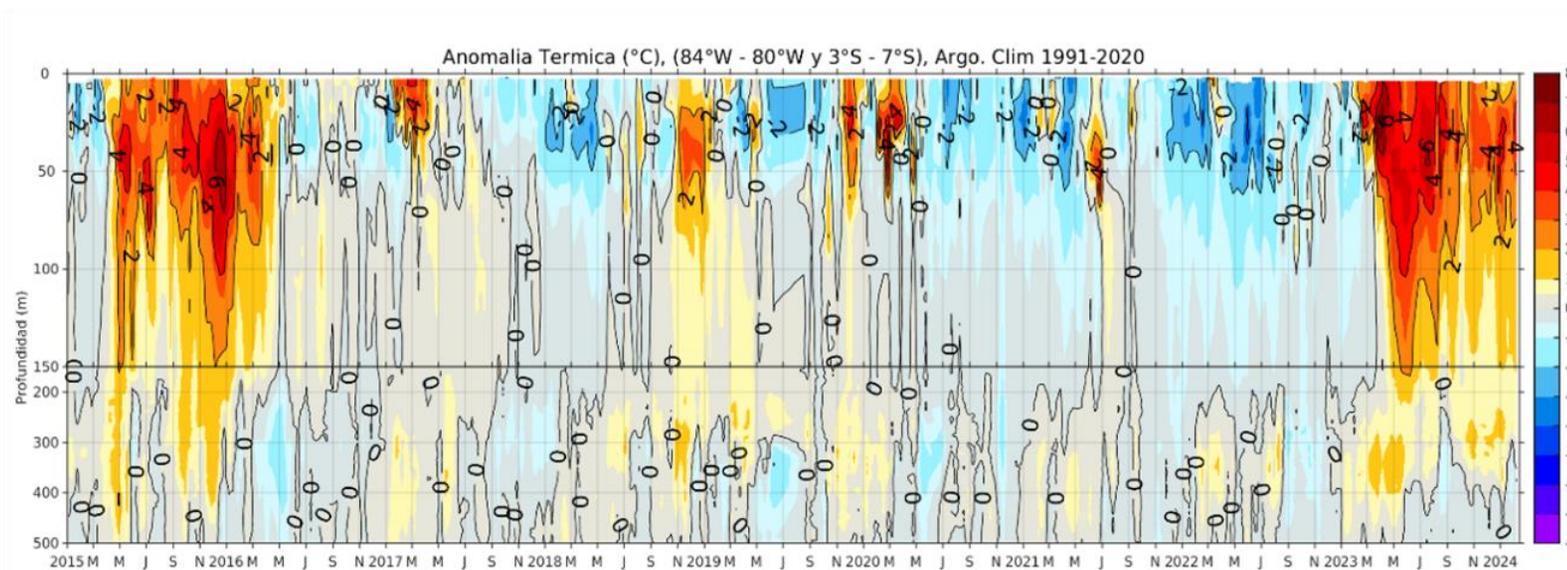
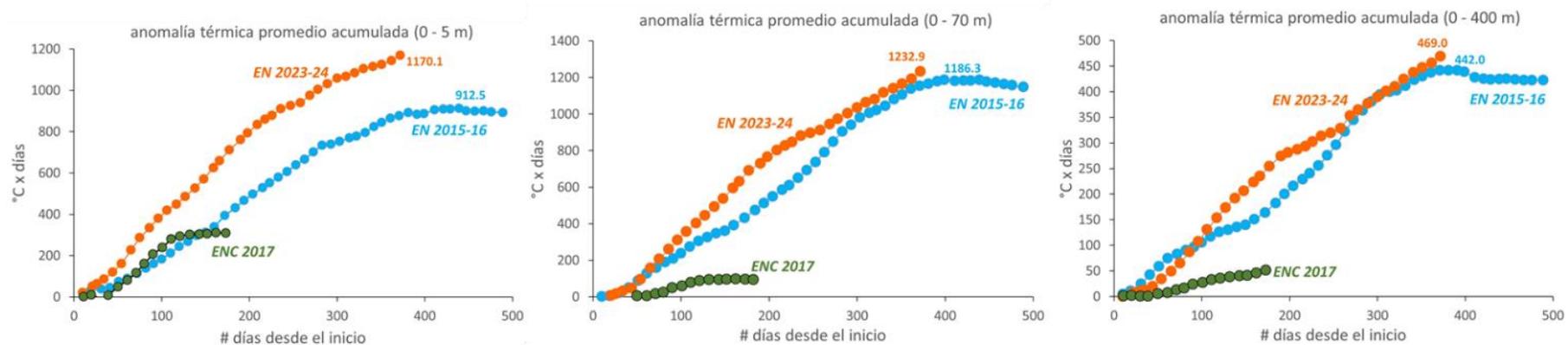


Figura 23 Arriba: anomalías acumuladas desde el inicio del evento en las capas de 0-5 m, 0-70 m y 0-400 m, para los eventos El Niño 2015-2016, El Niño Costero 2017 y el evento actual (2023 hasta la fecha) en base a registros de perfiladores Argo entre los 84°W – 80°W y 03°S – 07°S. Abajo: Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte; climatología: 1991- 2020. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura continuó incrementándose a partir de enero 2024 y se desarrolló la isoterma de 26 °C, pero se presenta una disminución de las anomalías cálidas sobre los 80 m con valores de alrededor de 1 °C para la segunda semana de febrero, asimismo se observó la intensificación de las corrientes marinas hacia el Este que estaría relacionado al paso de las ondas Kelvin. Asimismo, a 100 millas de Paita se presentó un incremento de la temperatura en los primeros 40m desde fines de enero, provocando el incremento de la anomalía térmica y alcanzando hasta +3 °C, relacionado a la presencia de las AES y el flujo con dirección sur predominante que se registra (Figura 24).

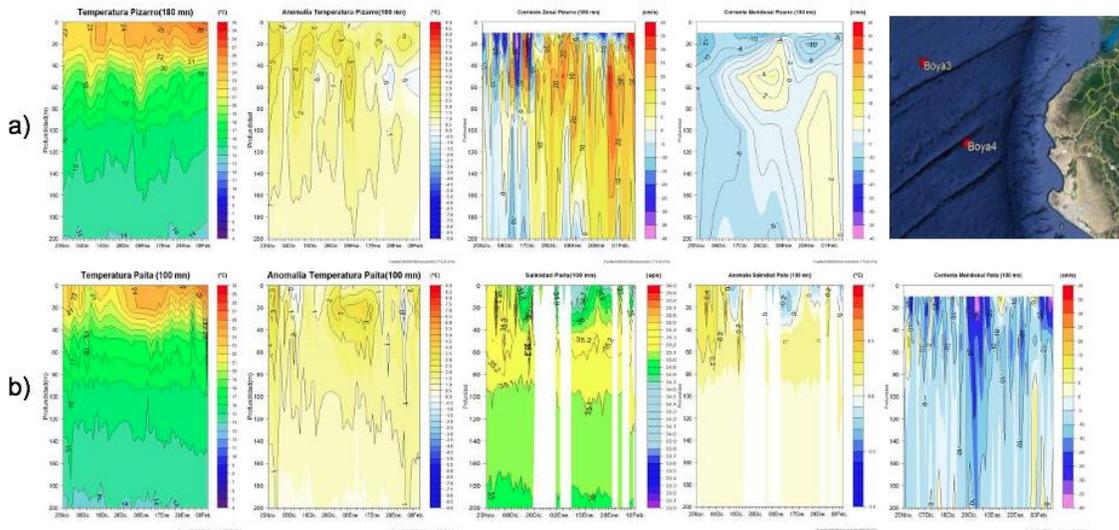


Figura 24. Secciones de temperatura del mar, anomalía de la temperatura, corriente zonal y corriente meridional para la boya NAYLAMP 3 (a) y secciones de temperatura del mar, anomalía de la temperatura, salinidad del mar, anomalía de la salinidad, y corriente meridional de la boya NAYLAMP 4 (b). Periodo: 23 de noviembre 2023 a 10 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 21 de febrero sobre los primeros 400 m de profundidad, elevándose las isotermas y decayendo la anomalía positiva, disminuyendo la temperatura superficial a 24 °C y anomalía entre +2 °C y +1 °C sobre los 60 m. En tanto que, a 100 millas la temperatura se incrementaría, esperándose hasta +4 °C sobre los 100 m. Por otro lado, a 30 mn de Chicama, se espera la disminución de la anomalía térmica por debajo de los 20 m, pero cerca de la superficie se mantendría una anomalía de +4 °C; mientras que, a 40 mn de Chimbote y Callao se espera un ligero calentamiento sobre los 200 m de profundidad, desarrollándose frente a Chimbote una temperatura de 26 °C con +4 °C de anomalía (**Figura 25**).

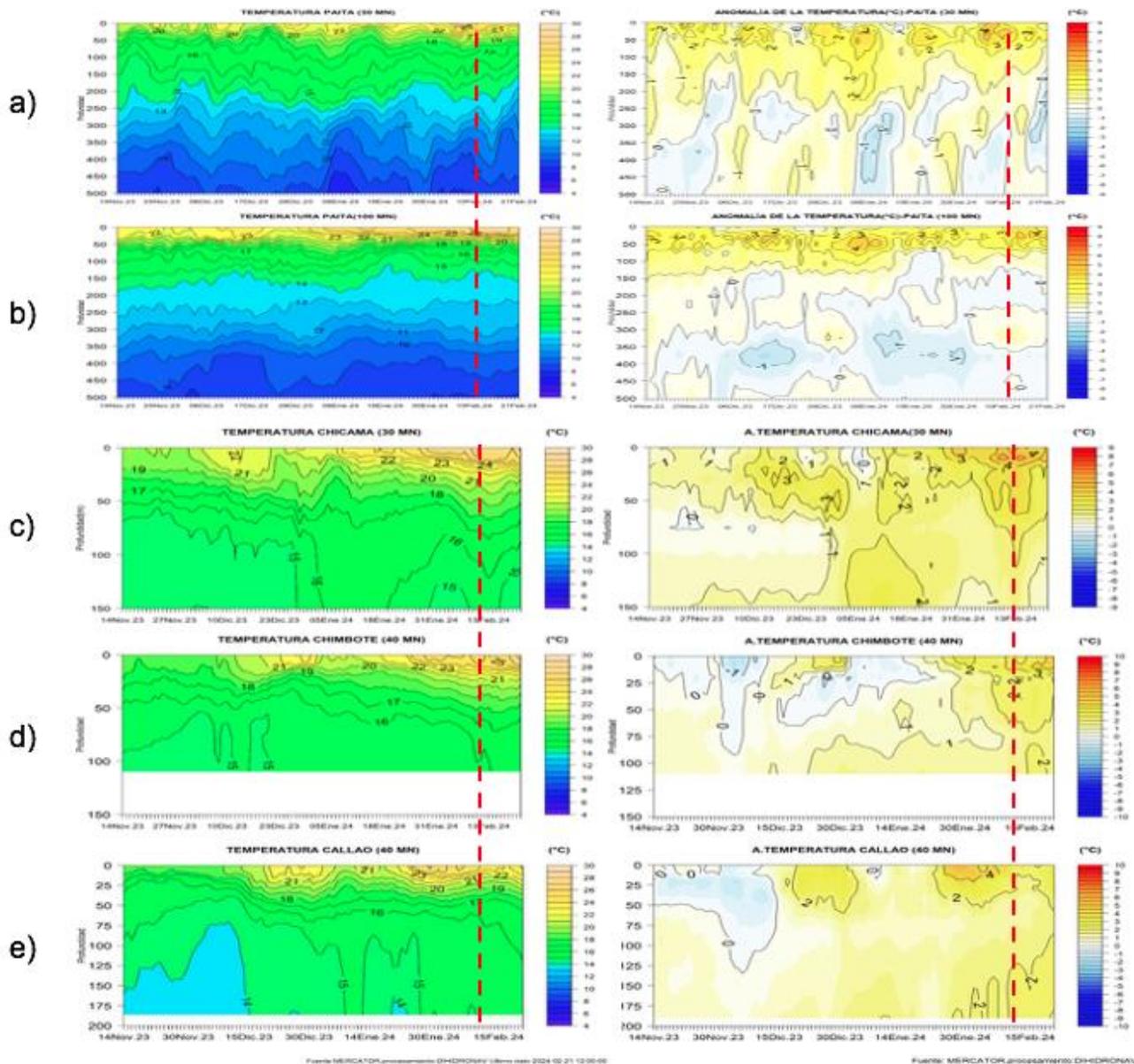


Figura 25. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30mn), d) Chimbote (40mn) y e) Callao (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró una mayor influencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, $33,8 < S < 34,8$) frente a la costa norte en lo que va de febrero, alcanzando valores de hasta 34,5 a 100 mn frente a Tumbes y Paita, sobre los 35 m de profundidad y Aguas Tropicales Superficiales (ATS, $S < 33,8$) sobre los 10 a 20 m (**Figura 20**, **Figura 26** y **Figura 27**). Fuera de las 200 mn del extremo norte del litoral, se continuaron observando aguas de mezcla de AES con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), destacando valores de 35,8 que sugieren un mayor aporte de las primeras (**Figura 26** y **Figura 27**). De acuerdo con el modelo MERCATOR, en sectores costeros, las AES continuaron presentando amplias zonas de mezcla con ASS y aguas costeras frías (ACF) hasta Chicama (**Figura 26**).

Entre Chicama y Pisco, las ASS mantuvieron su acercamiento a la costa, con valores de salinidad de 35,3 dentro de las 100 mn, y entre las 100 y 200 mn, con valores mayores a 35,2 sobre los 75 m de profundidad (**Figura 26** y **Figura 27**). Hacia el sur, entre Pisco y Atico, las zonas de mezcla (ASS+ACF) mantuvieron su amplitud debido a un acercamiento de ASS hacia la costa. Al sur de Atico, predominaron las ACF (**Figura 26**).

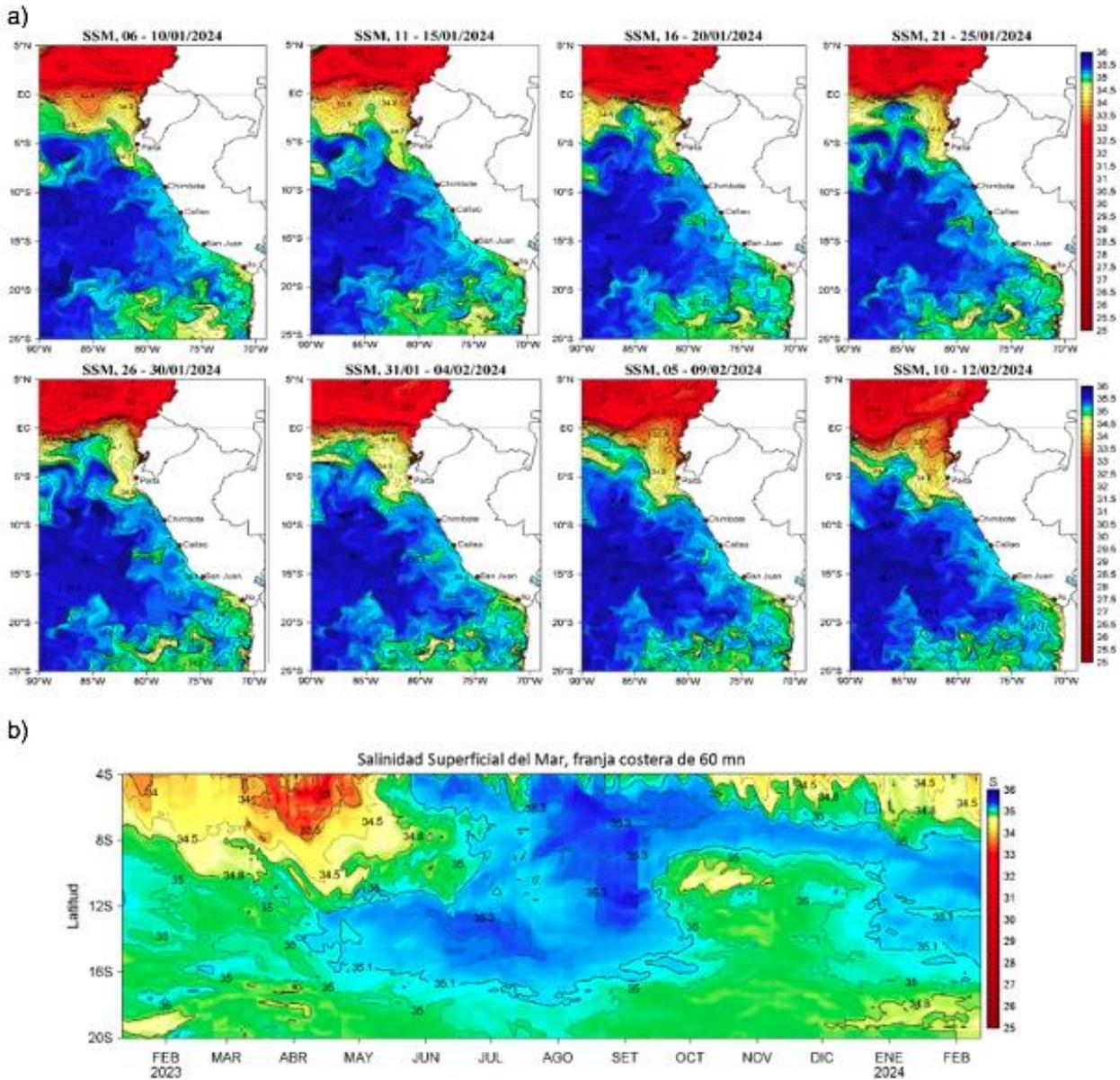


Figura 26. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 17 de diciembre 2023 y 22 de enero 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 12 de febrero de 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, 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/IMARPE.

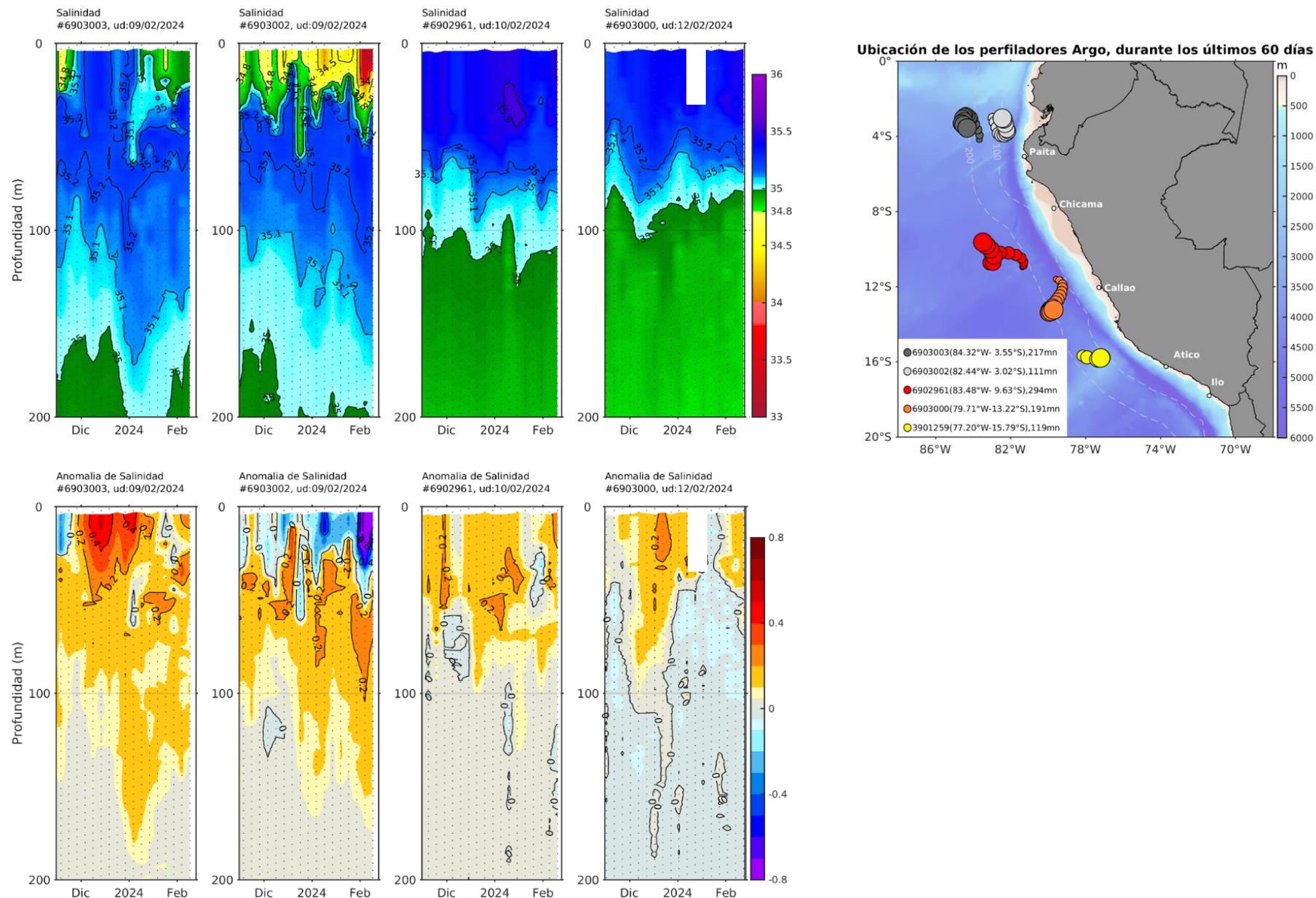


Figura 27. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).
Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

Respecto al oxígeno disuelto (OD), en la primera semana de febrero, en Paita se observaron bajas concentraciones, predominando valores entre 2 a 3 mL L⁻¹ por encima de los 40 m, mientras que, entre los 50 a 150 m se observaron valores entre 0,5 a 1 mL L⁻¹. En Chicama, por encima de los 45 metros a la superficie se observaron valores entre 1 a 4 mL L⁻¹ y por debajo de esa profundidad predominaron valores < 0,5 mL L⁻¹ (Figura 20). En Salaverry y Chimbote, se observaron valores entre 1 a 3 mL L⁻¹, por encima de los 20 m, mientras que, la iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ se ubicó a 10 m de profundidad dentro de las 10 mn (Figura 21). Respecto a la profundidad de la oxiclina (iso-oxígena de 1 mL L⁻¹), en Paita se ubicó entre 40 y 80 m por encima de su posición habitual, mientras que en Chicama se localizó dentro de su posición normal (Figura 22).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó concentraciones de 3 a 10 µg L⁻¹ dentro de las 50 mn a lo largo de la costa en enero, mientras que, en lo que va de febrero, las concentraciones de 10 µg L⁻¹ se replegaron ligeramente más hacia la costa; no obstante, entre Chicama y Chimbote se observó un núcleo de 20 µg L⁻¹, que se proyectó hasta las 60 mn. Las concentraciones detectadas en enero estuvieron asociadas a altas anomalías positivas (>+4 µg L⁻¹) de Paita a Ilo. En cambio, en lo que va de febrero estas anomalías se distribuyen principalmente de Lambayeque al sur y ligeramente más replegadas a la costa, a excepción de la zona entre Chicama y Chimbote, donde las anomalías de >+12 µg L⁻¹ alcanzaron las 60 mn (**Figura 28**). En promedio, en la franja costera, las concentraciones de febrero disminuyeron ligeramente respecto a enero (**Figura 29**).

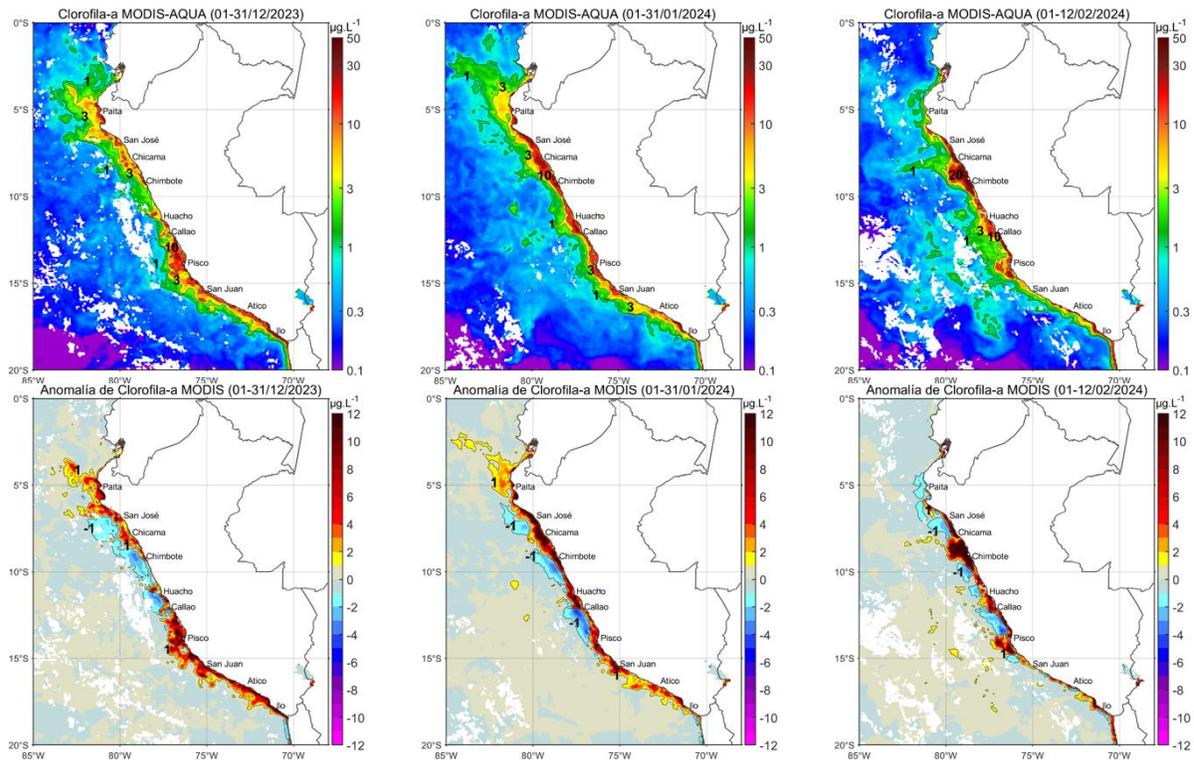


Figura 28. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, diciembre 2023, enero y lo que va de febrero de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

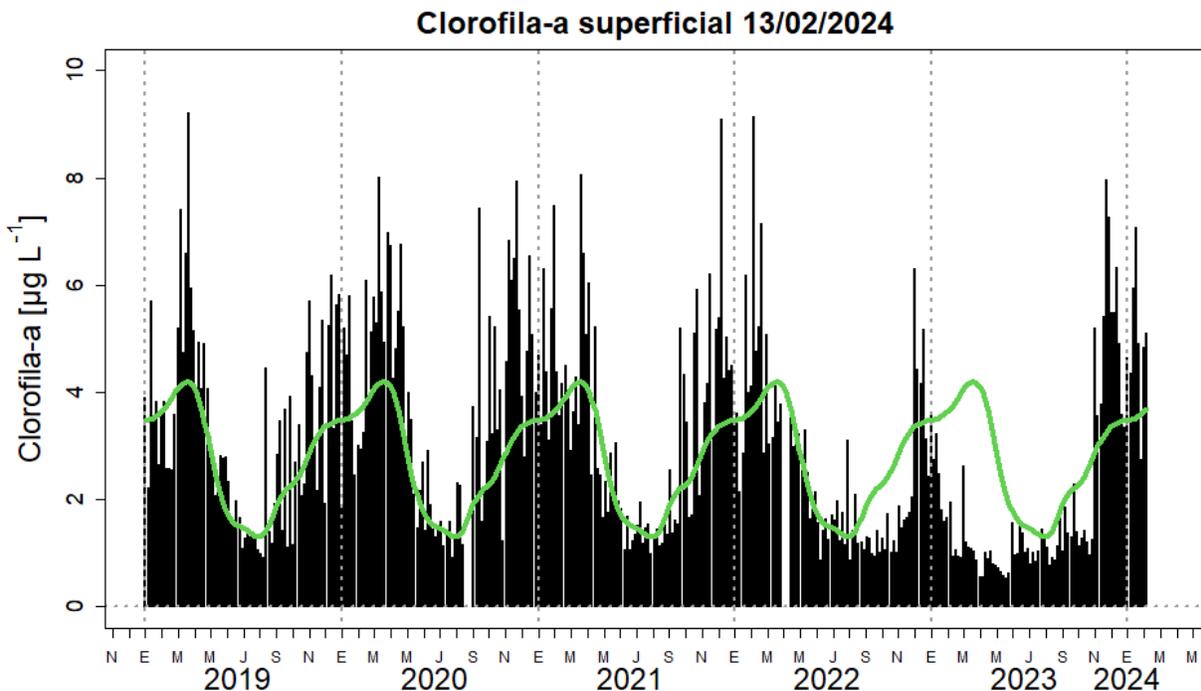


Figura 29. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, en el caso de la anchoveta, las actividades extractivas sólo están abiertas para la flota de cerco artesanal y de menor escala, operando frente a Bayóvar (Piura), Chimbote (Ancash) y Pisco (Ica) dentro de las 10 mn de la costa (**Figura 30**). En Bayóvar, se observó una moda adulta de 12,0 cm longitud total (LT); en Chimbote, se observó una estructura bimodal con una moda principal de adultos en 12,0 LT y moda secundaria en 9,5 cm LT; mientras que, en Pisco, se registró una moda en 11,5 cm LT. Las incidencias de individuos menores a la talla mínima de captura fueron en Pisco (66,8 %), Chimbote (57,6 %) y Bayóvar (24,1 %) (**Figura 31**). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, mostraron en enero del 2024 una tendencia a la disminución de la actividad desovante con la presencia aún, de ejemplares maduros (**Figura 32**).

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) se distribuyó principalmente en la zona norte y sur del litoral, entre Chimbote y Ático, dentro de las 30 mn. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), mantuvo su cobertura latitudinal desde Punta La Negra (Piura) hasta Morro Sama (Ilo) presentando un mayor acercamiento hacia la costa dentro de las 35 mn de costa. La caballa (*Scomber japonicus peruanus*), continuó presentando una alta disponibilidad, principalmente entre Chimbote y San Juan de Marcona dentro de las 20 mn de la costa. Las tres especies mencionadas fueron capturadas por la flota artesanal (**Figura 33**). En cuanto a la condición reproductiva de los recursos transzonales, observados a través del IGS, la caballa incrementó su actividad reproductiva conforme a lo esperado, encontrándose en un periodo reproductivo importante. El bonito mantuvo sus niveles de IGS, indicando la presencia de procesos de maduración gonadal y desove. El IGS del jurel mostró disminución en su actividad reproductiva, indicando el inicio del periodo de reposo gonadal (**Figura 34**).

El perico (*Coryphaena hippurus*), especie oceánica, mostró un desplazamiento hacia el sur del litoral, de acuerdo a su estacionalidad, con amplia distribución a lo largo del litoral dentro de las 180 mn (**Figura 35**).

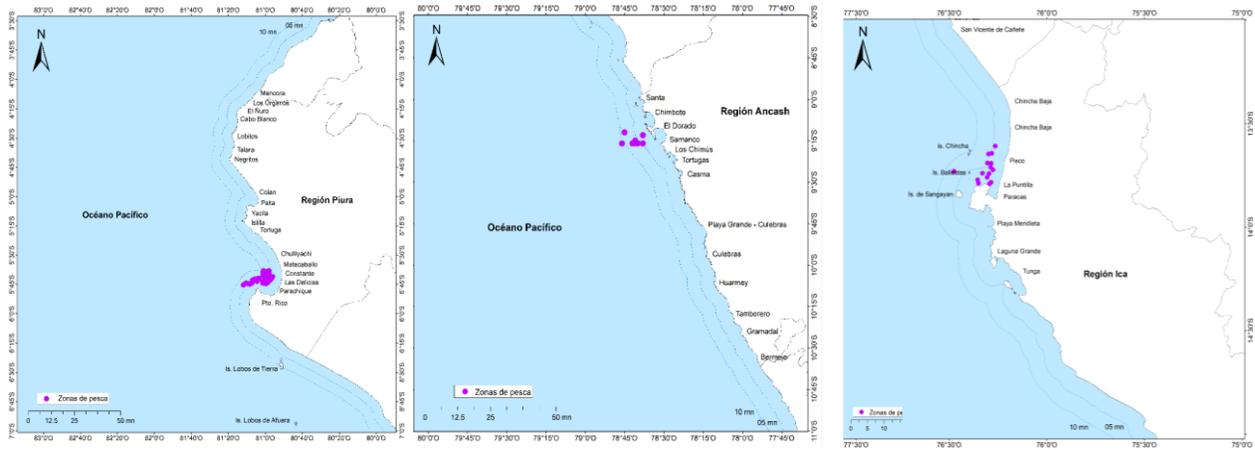


Figura 30. Distribución: a) volúmenes de captura de anchoveta por parte de la flota de cerco industrial, b) adultos de anchoveta c) juveniles de anchoveta, d) zonas de cierre de pesca de anchoveta, durante la segunda temporada de pesca de la región norte-centro 2023.

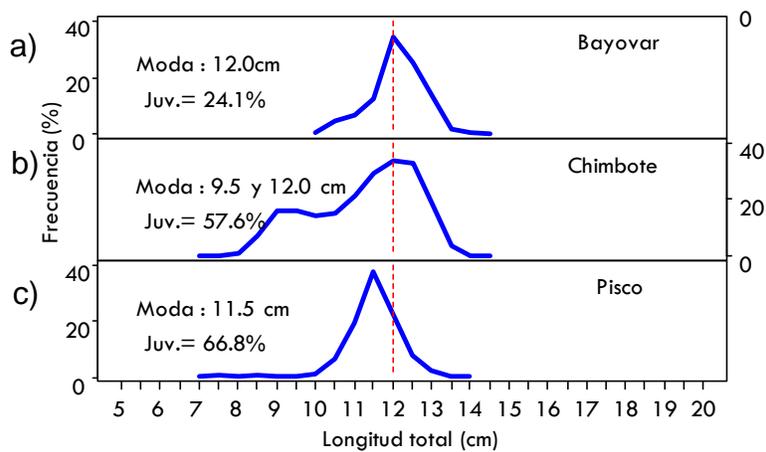


Figura 31. Estructura de tallas de anchoveta: a) Bayovar, b) Chimbote y c) Pisco registradas desde la quincena de enero y primeros días de febrero 2024.

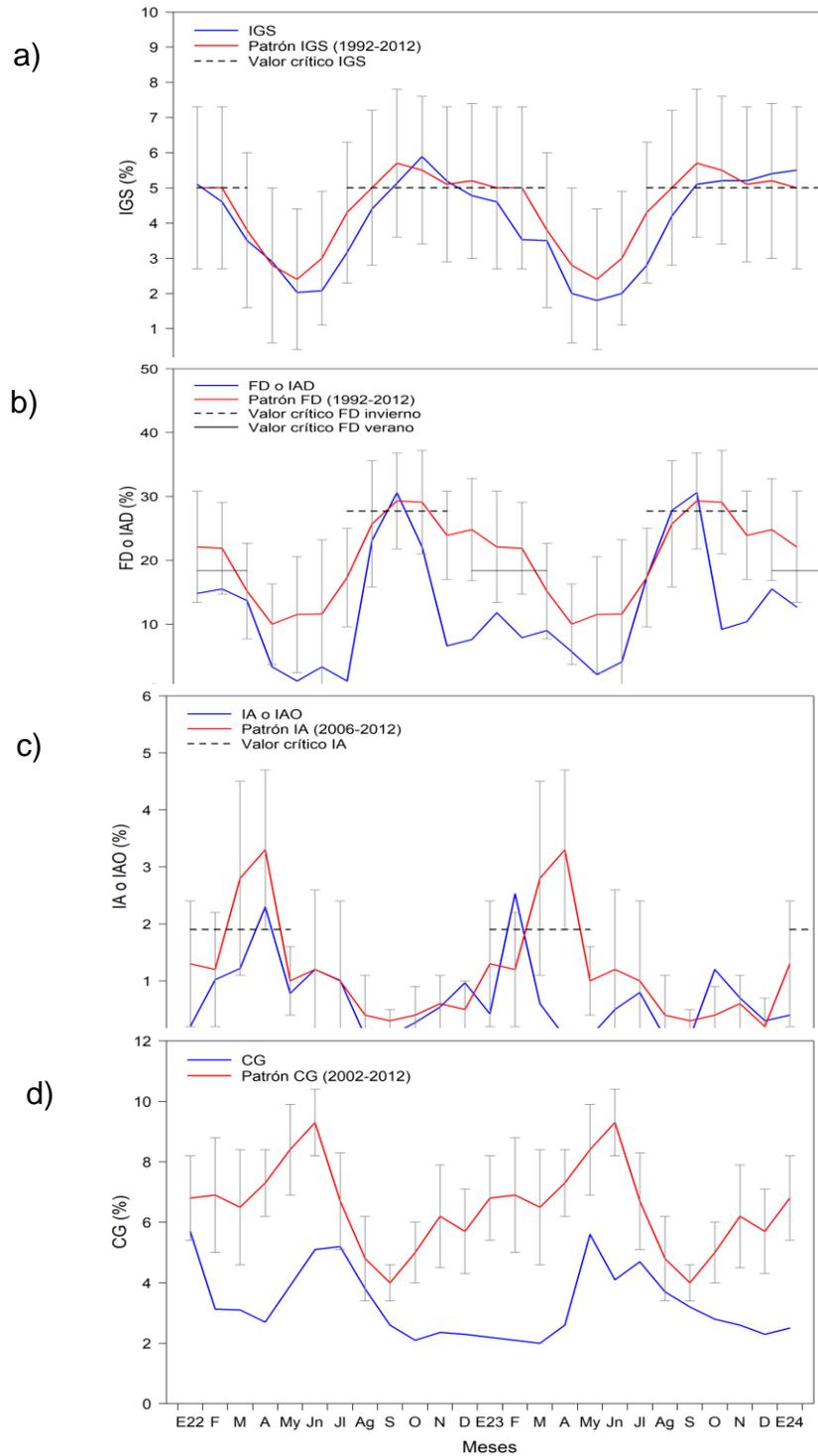


Figura 32. Indicadores reproductivos: a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de Atrésia (IA) y de condición somática d) Contenido graso (CG) de anchoveta *E. ringens* de la región Norte-Centro, de enero del 2022 a enero 2024.

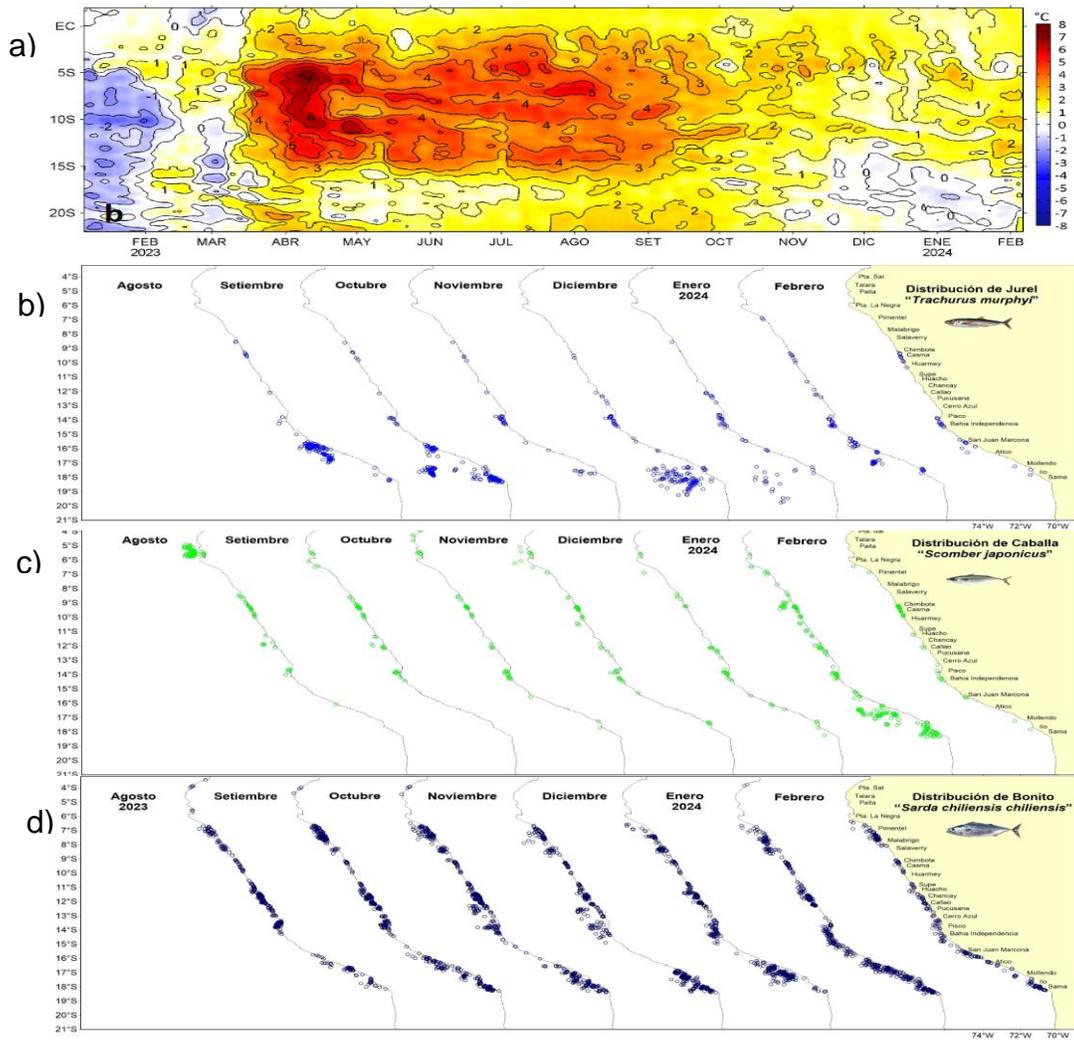


Figura 33. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) jurel, c) caballa y d) bonito durante julio 2023 – febrero 2024.

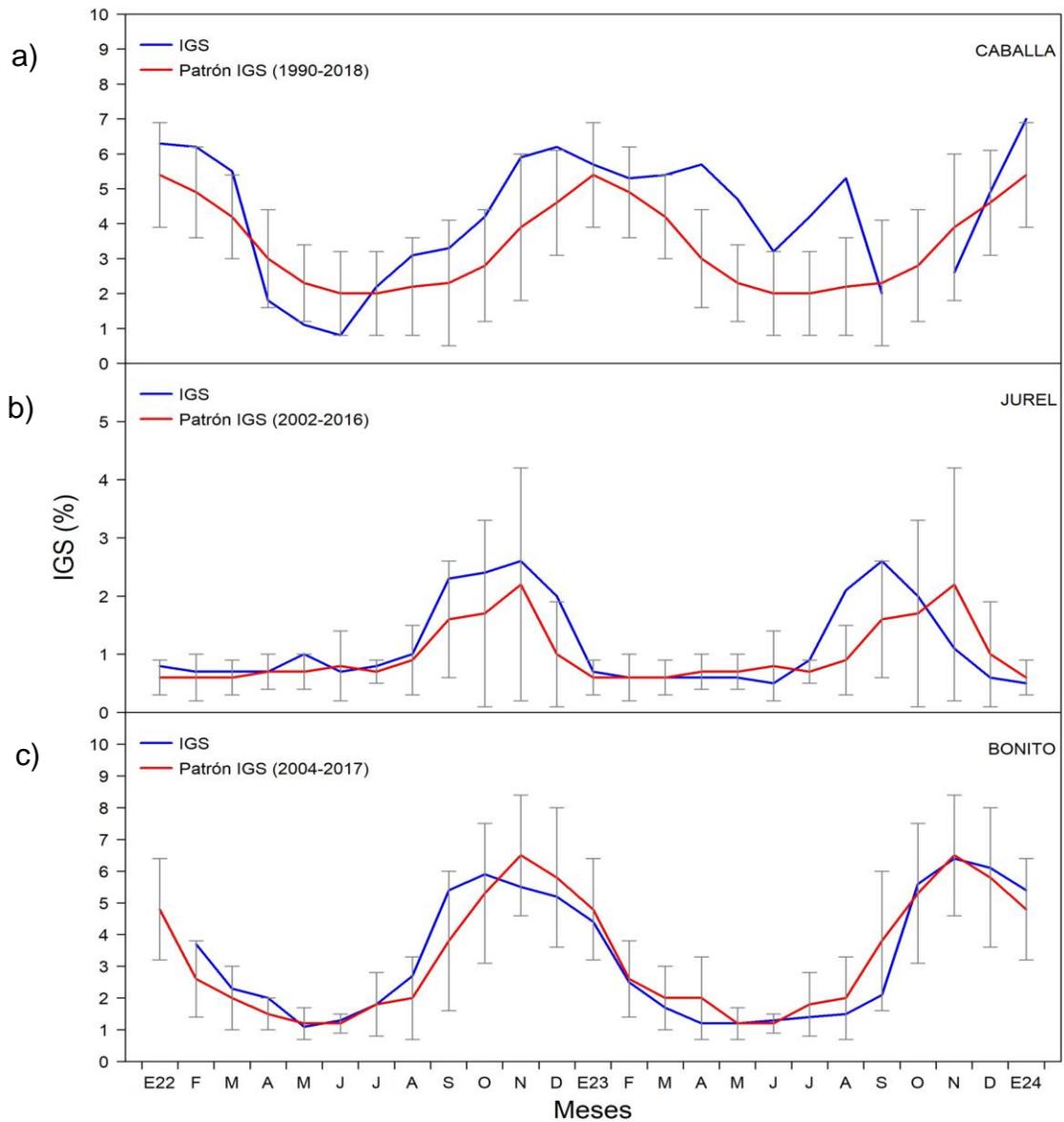


Figura 34. Índice gonadosomático de: a) caballa *S. japonicus*, b) jurel *T. murphyi* y c) bonito *S. chiliensis chiliensis* de enero del 2022 a enero del 2024.

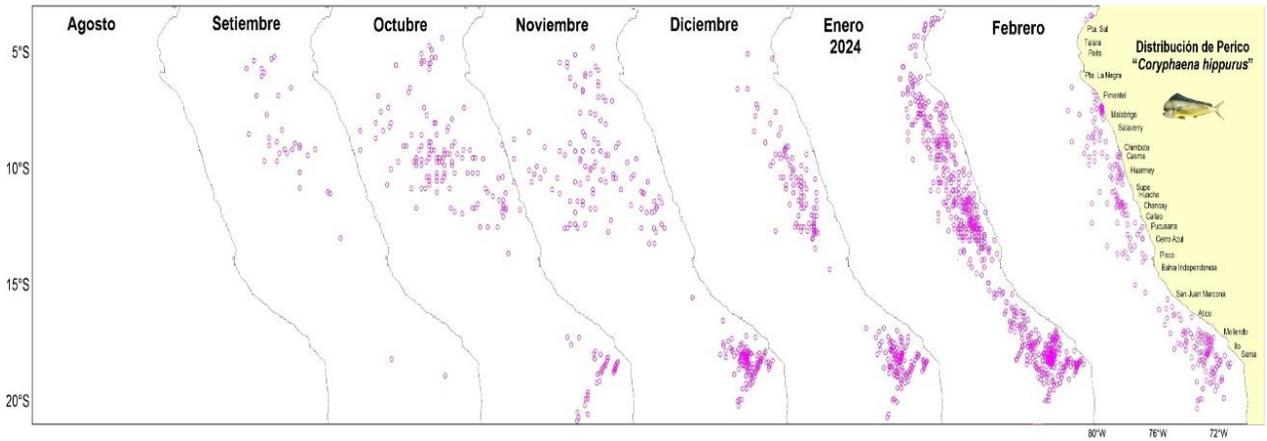


Figura 35. Distribución mensual de recurso oceánico perico de gosto 2023 – enero 2024.

Respecto a los recursos demersales, del 01 al 11 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 entre los 4°S y 5°S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en esas latitudes (**Figura 36**) Los valores de la CPUE entre los grados 4°S y 6°S mantienen el incremento observado en enero (**Figura 37**). 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 38**).

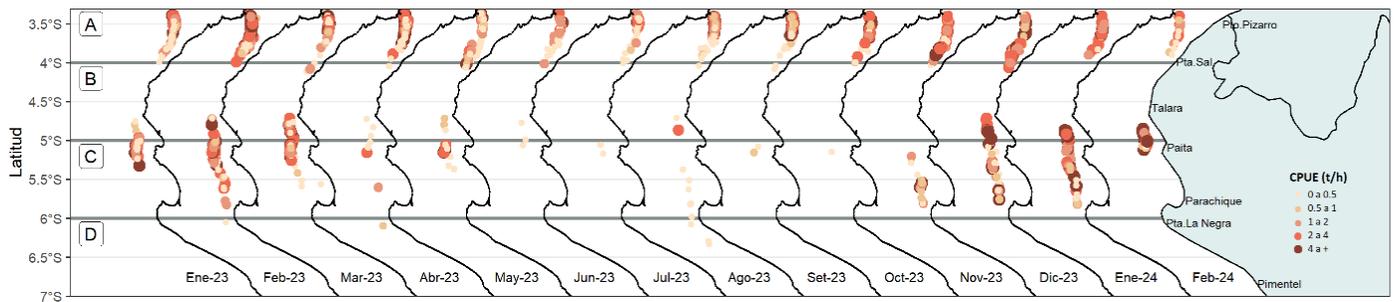


Figura 36. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero 2023 al 11 de febrero de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

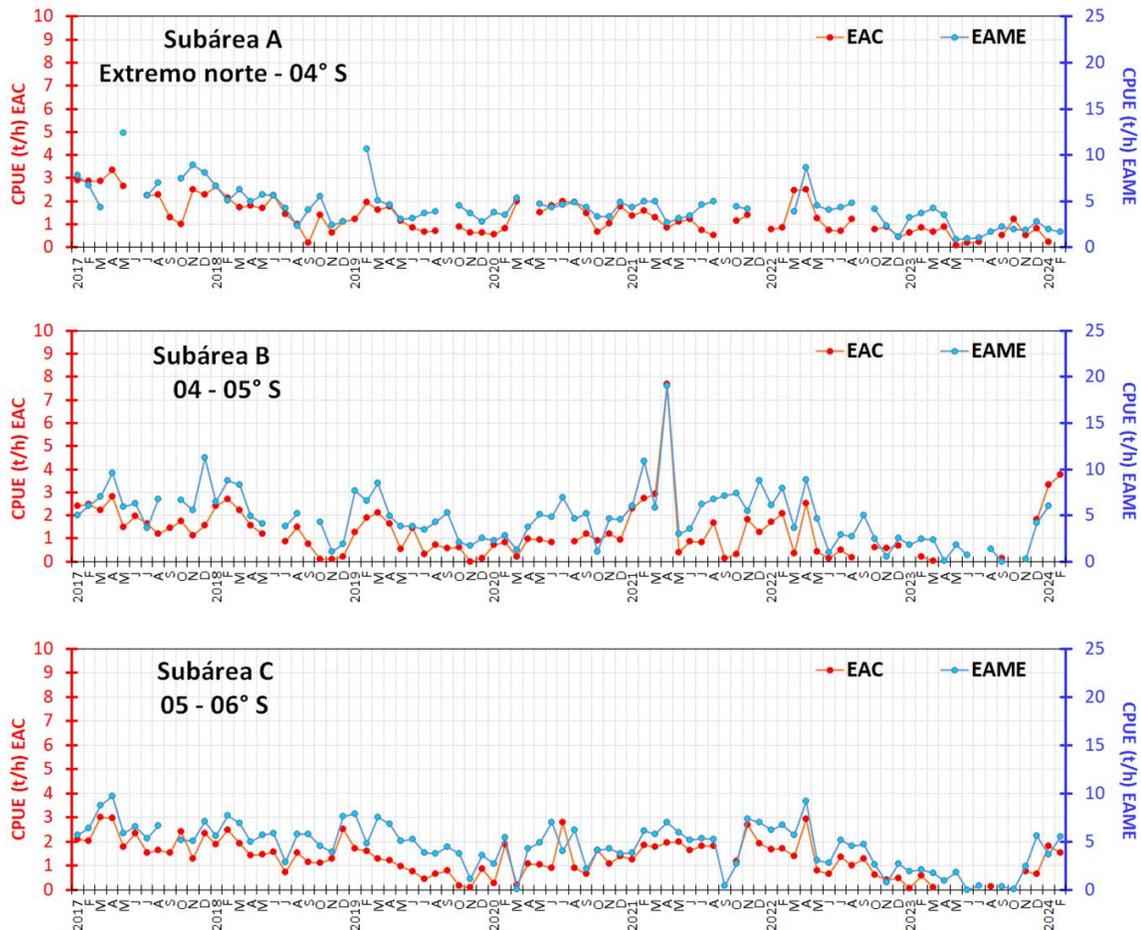


Figura 37. CPUE mensual (t h⁻¹) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

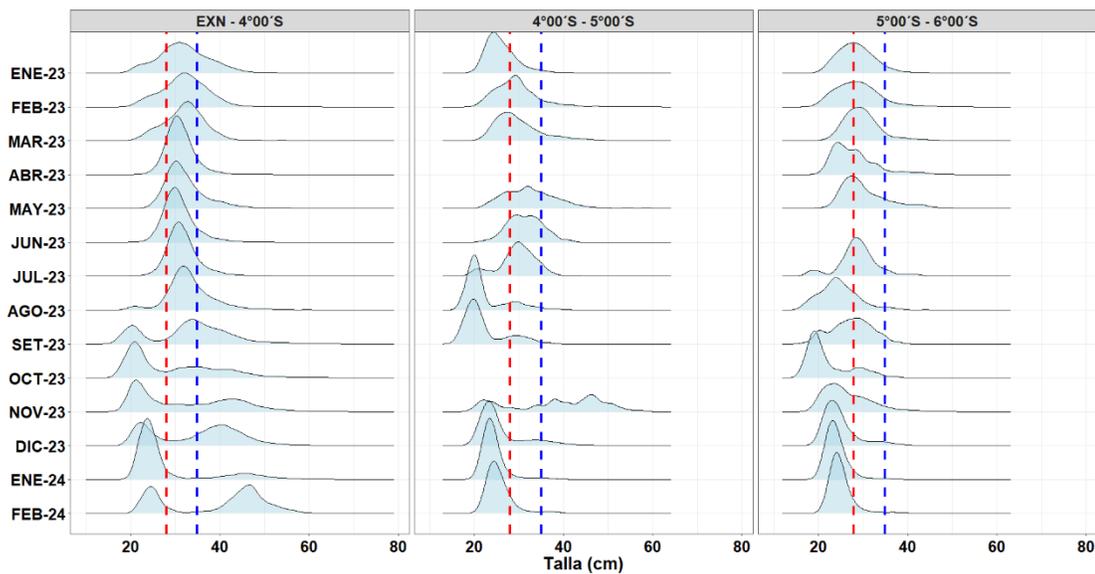


Figura 38. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 11 de febrero 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

Respecto a los recursos invertebrados, se observó la disminución de los desembarques para los recursos calamar gigante, calamar común (*Doryteuthis gahi*) y langostino café (*Penaeus californiensis*), a diferencia de los recursos pulpo y concha de abanico que mostraron incremento de sus desembarques. El calamar gigante se distribuyó principalmente entre extremo norte (03°30'S) hasta Chimbote, desde 10 a 130 mn de la costa, registrando las mayores concentraciones frente a Talara, Pta. La Negra y Salaverry (**Figura 39**).

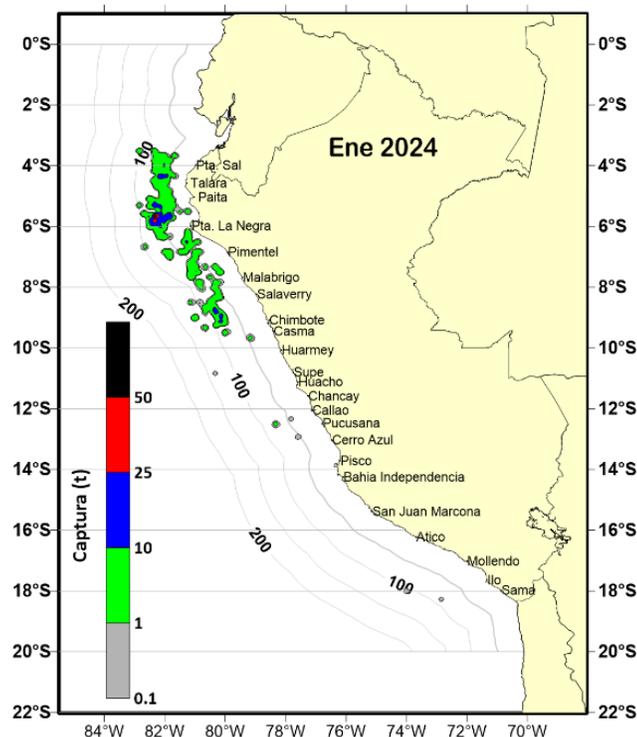


Figura 39. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero 2024

3.4. Condiciones hidrológicas

Para los 15 últimos días de enero y los 13 primeros días de febrero de 2024 los principales ríos de la vertiente del pacifico, de Tumbes hasta el río Ocoña, los caudales tuvieron un comportamiento sobre lo normal principalmente en el mes de enero, en lo que va del mes de febrero las anomalías se a acepción del río Acarí que tuvo valores dentro de lo normal, los ríos de Camaná, en la región Arequipa hasta el río Caplina en la región de Tacna, sus caudales estuvieron por muy debajo de lo normal.

Los ríos de la vertiente del Titicaca continúan a tener valores por muy debajo de lo normal, reflejándose en los bajos niveles del Lago Titicaca, mientras que los ríos de la vertiente del amazonas sus caudales se encuentran ligeramente sobre lo normal, en la gran mayoría de los ríos a acepción de la cuenca del Vilcanota, que se encuentran por ligeramente por debajo de lo normal, mientras que los ríos navegables como el ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, se encuentran con valores dentro de lo normal, mientras que el río Napo mostraron condiciones por debajo de lo normal (**Tabla 4**).

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 13 de febrero del 2024

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Fuente
		Enero - 2024			Febrero -2024						
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	128.92	80.41	69.36	112.02	145.47	91.54	104.62	14.70	Normal	SENAMHI
	Tumbes El Tigre	196.17	97.52	74.90	110.80	239.63	165.93	147.49	62.50	Significativamente sobre lo normal	PEBPT
	Chira (ardilla)	130.54	108.66	40.55	75.17	136.60	84.08	95.93	49.34	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Chira (Puente Suallana)	85.00	59.80	22.33	15.00	13.00	10.00	34.19	145.43	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Piura	2.44	0.00	0.00	0.45	17.71	10.92	5.25	-13.60	Normal	JUSL
	Quiroz	101.29	22.83	-19.21	22.59	16.62	-37.95	17.70	16.34	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Motupe	1.47	1.37	1.26	1.64	1.62	1.60	1.49	34.23	Significativamente sobre lo normal	JU SHM Motupe - Clase B
	La Leche	18.03	11.08	4.27	5.90	5.50	6.75	8.59	37.69	Significativamente sobre lo normal	JUDR-LA LECHE
	Chancay Lambayeque	74.36	56.78	44.35	89.37	71.26	85.29	70.23	85.91	Significativamente sobre lo normal	PEOT
	Zaña	8.59	9.42	7.45	10.78	13.80	12.20	10.37	68.57	Significativamente sobre lo normal	JU ZAÑA
	Jequetepeque	49.02	44.72	34.42	46.52	37.54	44.60	42.80	48.79	Significativamente sobre lo normal	PEJEZA
	Chicama (Salinar)	77.44	79.20	44.47	44.16	50.58	48.05	57.32	102.30	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Chicama (Tambo)	50.81	51.85	43.10	43.44	33.95	35.03	43.03	96.53	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Moche	25.80	19.83	7.33	11.23	11.87	12.17	14.71	109.91	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Santa	436.13	464.27	456.39	564.57	397.17	369.35	447.98	116.54	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
Pacífico Centro	Pativilca	77.19	80.45	91.67	116.78	78.60	58.26	83.82	30.22	Ligeramente sobre lo normal	STATKRAFT PERU S.A.
	Huaura	60.88	63.13	77.32	77.74	54.62	47.91	63.60	108.80	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Huaral	50.85	47.49	56.73	67.62	42.79	31.86	49.56	80.83	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Chillon	12.70	9.52	17.71	15.07	7.80	5.62	11.40	20.63	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Rímac	55.89	49.59	52.18	51.78	39.63	36.50	47.59	15.07	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Lurin	15.34	14.98	13.88	15.68	14.17	10.61	14.11	8.99	Normal	SENAMHI
	Mala	70.80	89.40	69.33	72.24	54.20	37.50	65.58	164.24	Significativamente sobre lo normal	JUSDR MALA
	Cañete	159.40	201.40	159.67	143.90	138.40	102.50	150.88	68.59	Significativamente sobre lo normal	JU CAÑETE
	San Juan	58.30	129.49	59.77	43.90	68.50	19.29	63.21	341.70	Significativamente sobre lo normal	JU SAN JUAN
	Pisco	54.77	90.07	90.20	89.10	75.28	33.00	72.07	121.75	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
Pacífico Sur	Ica	48.63	80.27	52.22	54.04	43.19	14.00	48.72	295.95	Significativamente sobre lo normal	JU LA ACHIRANA
	Acari	35.00	106.25	86.25	70.13	101.25	35.00	72.31	-2.06	Normal	JU BELLA UNIÓN
	Yauca	22.56	56.25	46.25	30.00	29.50	25.00	34.93	178.33	Significativamente sobre lo normal	JU YAUCA
	Ocoña	234.10	477.24	444.49	240.21	206.26	169.77	295.34	87.35	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Camana	59.90	135.43	147.59	108.64	65.68	58.41	95.94	-14.83	Normal	SENAMHI
	Chili	6.44	8.62	8.51	5.33	6.85	4.22	6.66	-64.75	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Socabaya	0.08	1.09	2.35	0.41	1.52	0.82	1.04	38.42	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Tambo	22.19	26.25	41.32	31.26	33.33		30.87	-49.36	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Huaracane	0.35	0.67	0.34	0.34	0.22	0.19	0.35	-55.31	Significativamente por debajo de lo normal	ANA
	Torata	1.02	1.02	0.91	0.57	0.90	0.70	0.85	-10.17	Normal	ANA
	Tumilaca	1.52	3.72	5.13	2.29	1.74	1.85	2.71	32.00	Ligeramente sobre lo normal	ANA
	Locumba	2.16	2.29	2.47	2.44	2.43		2.36	-15.03	Ligeramente por debajo de lo normal	PET
	Sama	4.35	7.87	10.07				7.43	86.87	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
Caplina	0.71	0.84	0.50	0.55	0.51	0.52	0.61	-14.94	Normal	SENAMHI	
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	1393.91	1278.50	736.99	1036.98	729.60	749.12	987.52	6.57	Normal	SENAMHI

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Fuente
		Enero - 2024			Febrero -2024						
	Marañon (Cumba)	1304.44	1284.61	882.36	1165.95	865.79	810.24	1052.23	38.69	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Crisnejas (Puente)	108.68	74.88	47.53	68.22	41.95	58.55	66.63	42.69	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Crisnejas (Jesus Tunel)	12.58	9.56	5.15	7.32	4.92	9.08	8.10	21.82	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Rios Navegables Norte	Napo	3174.44	2725.78	2935.60	3365.35	2763.15	2882.43	2974.46	-5.86	Normal	SENAMHI
	Marañon (San Regis)	22383.10	24028.91	24202.39	22435.95	22470.43	22727.58	23041.39	14.74	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Amazonas (Tanshiyacu)	33475.38	34585.37	35545.09	33704.45	33812.84	34492.16	34269.21	2.26	Normal	SENAMHI
Huallaga	Sisa	38.87	15.80	9.19	53.53	29.87	19.22	27.75	38.98	Ligeramente sobre lo normal	JU HUALLAGA CENTRAL
	Huallaga (Huayabamba)	2596.70	2143.09	1684.19	2493.43	1911.80	1896.45	2120.94	128.83	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tocache	5156.90	4745.51	3540.48	4300.13	2202.25	2385.29	3721.76	46.48	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Huallaga (Tingo Maria)	1075.11	922.91	773.29	775.22	584.95	629.65	793.52	1.35	Normal	SENAMHI
	Huallaga (Taruca)	188.04	164.87	172.64	182.29	135.11	137.18	163.35	12.99	Normal	SENAMHI
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	145.11	145.80	145.85	146.33	146.09	145.80	145.83	-1.19	Normal	DTAGRU
Mantaro	Mantaro (Pongor)	326.91	360.83	663.96	719.69	517.06	492.35	513.47	22.63	Ligeramente sobre lo normal	KALLPA GENERACIÓN
	Mantaro (La Mejorada)	253.64	281.45	509.42	442.50	292.31	279.86	343.20	18.59	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Stuart)	96.94	101.14	171.19	146.07	93.54	92.03	116.82	7.19	Normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Chulec)	64.75	70.52	153.72	101.35	62.54	66.54	86.57	28.93	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU
Pampas	Pampas	195.49	221.49	248.18	228.12	211.16	172.30	212.79	10.49	Normal	SENAMHI
Apurimac	Antabamba	143.11	201.47	226.71	127.94	96.01	61.15	142.73	-8.25	Normal	SENAMHI
Urubamba	Urubamba (Km 105)	109.61	121.63	289.35	235.51	220.51	229.94	201.09	-23.29	Ligeramente por debajo de lo normal	EGEMSA
	Paucartambo	47.37	46.49	69.33	76.63	72.74	58.98	61.92	-14.89	Normal	SENAMHI
	Pisac	83.04	93.85	208.60	157.01	136.65	153.61	138.79	-25.98	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Chilca	75.53	82.63	216.22	171.85	153.92	163.40	143.93	-21.06	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	5925.40	6978.83	9652.25	7893.50	5500.94	6838.32	7131.54	-12.53	Normal	ANA
Titicaca	Huancane	4.72	4.85	10.49	11.42	11.02	19.73	10.37	-74.58	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Ramis	32.26	37.19	97.49	138.30	96.93	135.48	89.61	-45.34	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	llave	17.33	12.64	20.20	20.63	15.03	15.81	16.94	-59.10	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Coata	11.63	9.88	33.58	76.11	32.04	23.91	31.19	-71.78	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI

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

Los principales embalses del país, al 13/02/2024 se encuentran al 62.3 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses en su gran mayoría han incrementado sus volúmenes almacenados, a excepción de Paucarani en la región Tacna que siguen con la tendencia estable.

De otro lado, los embalses de Tinajones y Gallito Ciego están en sus niveles más altos, históricos para el mes de febrero.

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

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	13-Feb	Piura	445.5	175.5	39.4
	San Lorenzo	13-Feb	Piura	195.6	128.9	65.9
	Tinajones	13-Feb	Lambayeque	331.6	250.2	75.5
	Gallito Ciego	13-Feb	La Libertad	366.1	288.6	78.8
	SUB TOTAL			1338.7	843.2	63.0
Costa - Centro	Viconga	13-Feb	Lima	30.0	9.2	30.7
	Sistema Rímac	30-Ene	Lima, Junin	282.4	235.6	83.4
	Choclococha	13-Feb	Ica	131.1	54.6	41.6
	Ccaracocha	13-Feb	Ica	40.0	20.8	52.0
	SUB TOTAL			483.5	320.2	66.2
Costa - Sur	Condorama	13-Feb	Arequipa	259.0	132.6	51.2
	El Pañe	13-Feb	Arequipa	99.6	59.1	59.3
	Dique Los Españoles	13-Feb	Arequipa	9.1	6.7	73.7
	Pillones	13-Feb	Arequipa	78.5	19.7	25.1
	El Frayle	13-Feb	Arequipa	127.2	69.3	54.5
	Aguada Blanca	13-Feb	Arequipa	30.4	9.5	31.2
	Chalhuanca	13-Feb	Arequipa	25.0	16.5	66.0
	Bamputañe	13-Feb	Arequipa	40.0	13.5	33.8
	Pasto Grande	13-Feb	Moquegua	200.0	123.9	62.0
	Paucarani	13-Feb	Tacna	10.5	2.9	27.6
	Laguna Aricota	13-Feb	Tacna	280.0	181.3	64.8
	Jarumas	13-Feb	Tacna	13.0	12.4	95.4
	SUB TOTAL			1172.4	647.4	55.2
Sierra - Centro	Cuchoquesera	13-Feb	Ayacucho	80.0	57.5	71.9
	Lago Junín	13-Feb	Junin	314.7	213.3	67.8
	SUB TOTAL			394.7	270.8	68.6
Sierra - Sur	Lagunillas	13-Feb	Puno	585.1	400.5	68.4
	Sibinacocha	13-Feb	Cusco	110.0	61.4	55.8
	SUB TOTAL			695.1	461.9	62.3
Situación Nacional			-	4,084.39	2,543.55	62.3

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de Piura, las plantaciones de mango entraron en etapa de reposo vegetativo o foliación, especialmente aquellas plantaciones que lograron floraciones importantes entre los meses de junio y agosto. En las zonas productoras de Lambayeque, las temperaturas máximas ligeramente cálidas y mínimas entre normales y ligeramente cálidas, fueron favorables para el crecimiento y desarrollo de frutos en el mango Kent; sin embargo, en la mayoría de las plantaciones, donde las floraciones fueron escasas o nulas, promovieron nuevos brotamientos vegetativos.

Con respecto a la campaña de arroz 2023/2024, en Lambayeque (valle Chancay Lambayeque) y Talla (valle Jequetepeque) las condiciones térmicas de normales a cálidas fueron adecuadas para las etapas de panoja y floración, las precipitaciones (entre débiles y ligeras) por trasvase a partir de la tercera década de enero, no llegaron a comprometer el estado fitosanitario del cultivo.

En la costa sur, La Yarada (Tacna), ven aquellas plantaciones del olivo que lograron fructificación, las temperaturas del aire de normales a inferiores a su promedio vienen propiciando la etapa de maduración y cosecha del olivo.

En la región andina, el desarrollo de los sembríos viene dándose sin variaciones con respecto a su estacionalidad, especialmente en la sierra norte y central. En la sierra sur y el altiplano, la disponibilidad hídrica se reportó en nivel adecuado para la primera década de febrero y fue favorable para los cultivos transitorios en plena etapa reproductiva conducidos bajo secano en el altiplano (**Figura 40**).

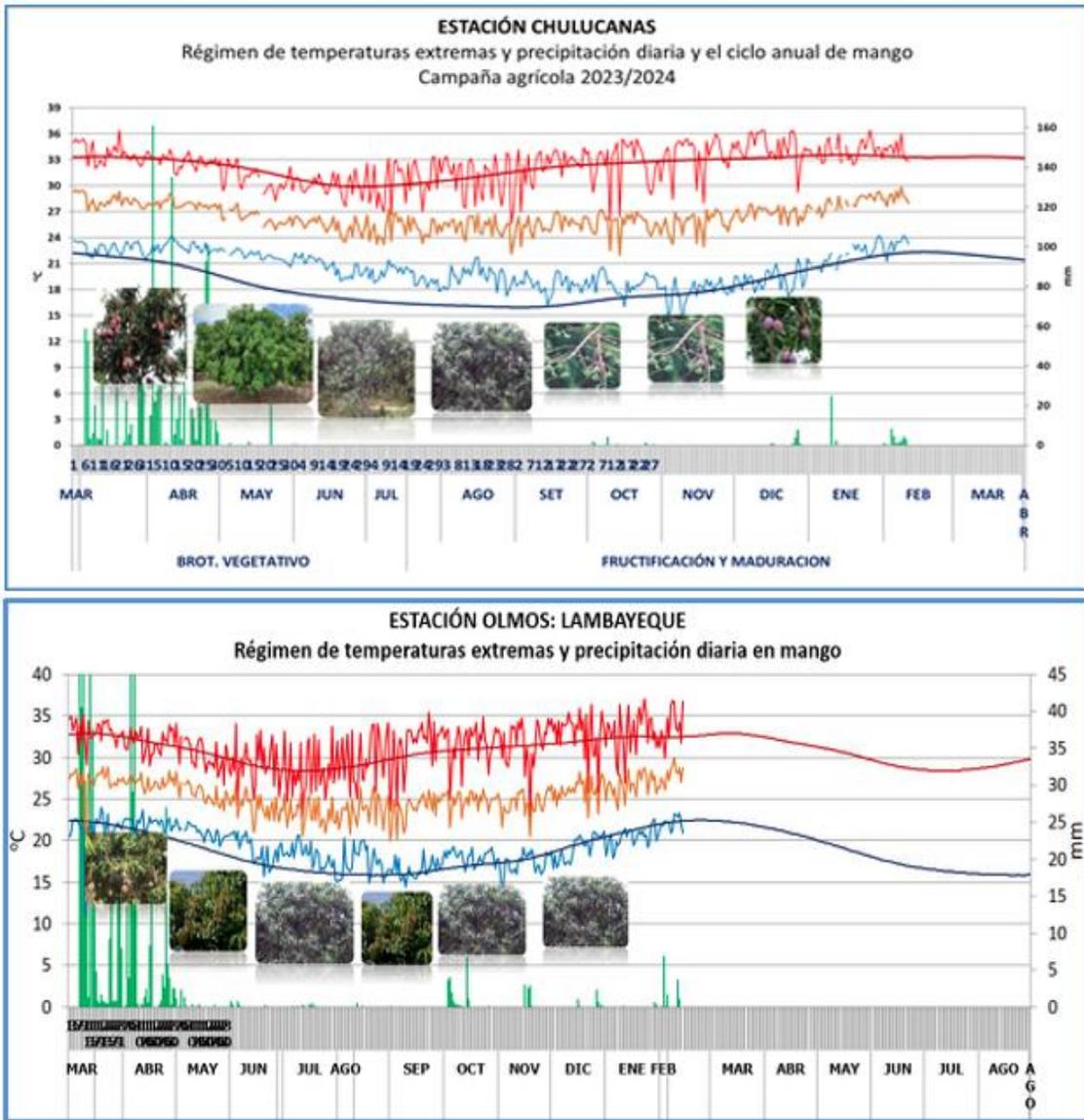


Figura 40. Monitoreo agrometeorológico del mango 2023/2024 en las estaciones de Chulucanas (Piura) y Olmos (Lambayeque). Fuente: SENAMHI

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, la condición cálida moderada para marzo de 2024, en el mes de abril se esperaría la condición cálida débil, para mayo la condición sería neutra, finalmente, entre 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

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, las condiciones neutras entre los meses de marzo y diciembre, se esperaría anomalías negativas desde el mes de abril (**Tabla 7**).

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

Modelo	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_NE MO	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_SPE ARE	0.27	-0.23	-0.60	-0.80	-0.89	-0.91	-0.75	-0.56	-0.32	-0.15
COLA_CCS M4	0.29	-0.05	-0.48	-0.95	-1.32	-1.45	-1.41	-1.32	-1.29	-1.17
COLA_CES M	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

Analizando la información de altimetría satelital (**Figura 2c**) y profundidad de termoclina (**Figura 2b**), se espera el arribo de la señal de una onda de Kelvin fría en los siguientes días a la costa peruana. 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 (**Figura 3b**). En la profundidad de la termoclina, se espera también el arribo de un paquete de ondas de Kelvin frías en los siguientes días, la cual debe impactar principalmente la temperatura por debajo del mar por lo menos durante un mes. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de una onda de Kelvin cálida, aunque es débil, por ahora.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (**Figura 41**) como de NCEP (**Figura 42**), y luego con vientos igual a cero—, continúan pronosticando principalmente la presencia de ondas de Kelvin cálidas hasta la quincena de febrero. Luego, se espera, principalmente, ondas de Kelvin frías.

Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (**Figura 43**), indica que se tendrían ondas de Kelvin cálidas, por lo pronto, hasta abril. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que aparentemente están influyendo a que las ondas de Kelvin cálidas están arribando a la costa peruana con poca intensidad.

Asimismo, hay que considerar que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 09 de febrero 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que entre febrero y abril 2024 se llegarían a las costas Sudamericanas dos ondas Kelvin (OKE) frías y dos OKE cálidas. En lo que resta de febrero, se espera la llegada a Sudamérica de una OKE fría (modo 1), generada por la reflexión de una onda Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental en diciembre 2023. Asimismo, se espera la llegada de una OKE cálida (modo 2) debilitada, generada por las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial central en diciembre 2023. En marzo 2024, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental-central en enero 2024. Finalmente, en abril 2024, se espera la llegada a Sudamérica de otra onda Kelvin fría (modo 2), generada entre diciembre y enero por anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental (**Figura 44**).

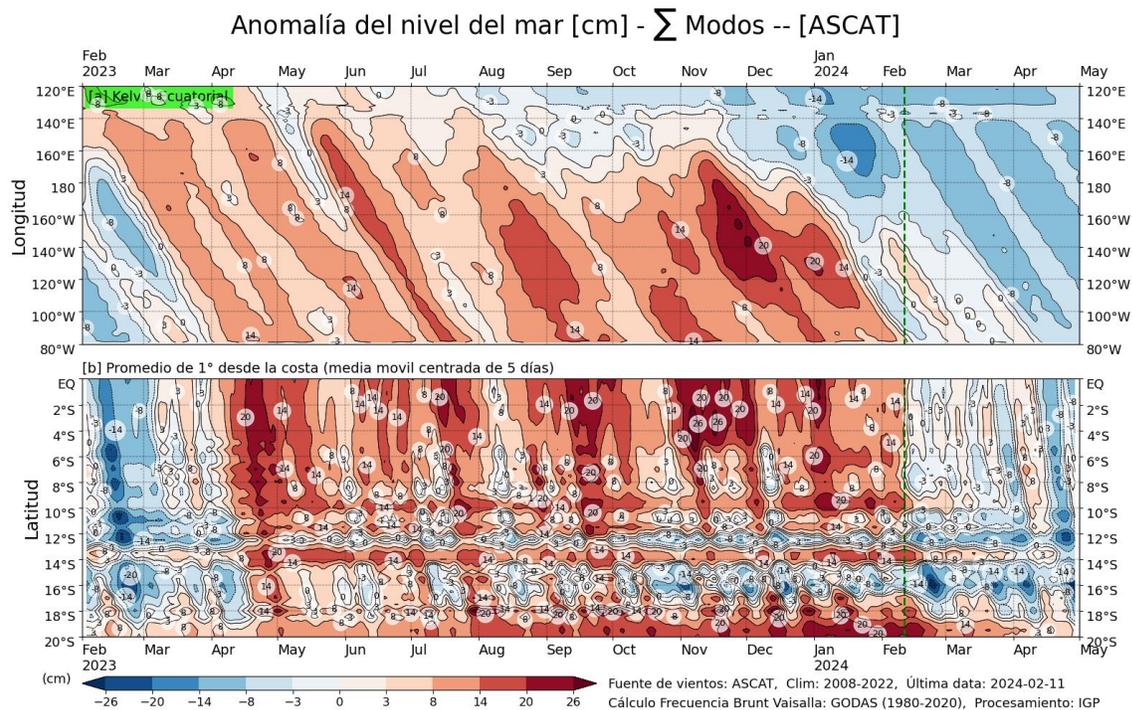


Figura 41. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

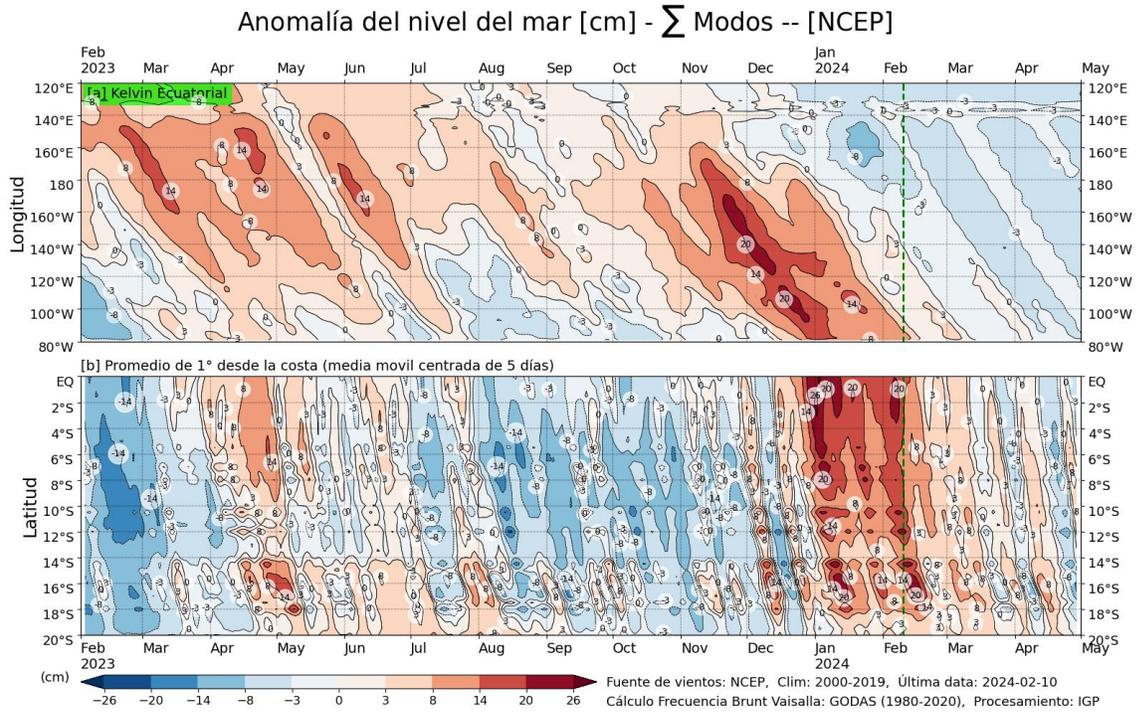


Figura 42. Igual que la Figura 41 pero el modelo es forzado con los vientos del re-análisis de NCEP. Fuente: IGP.

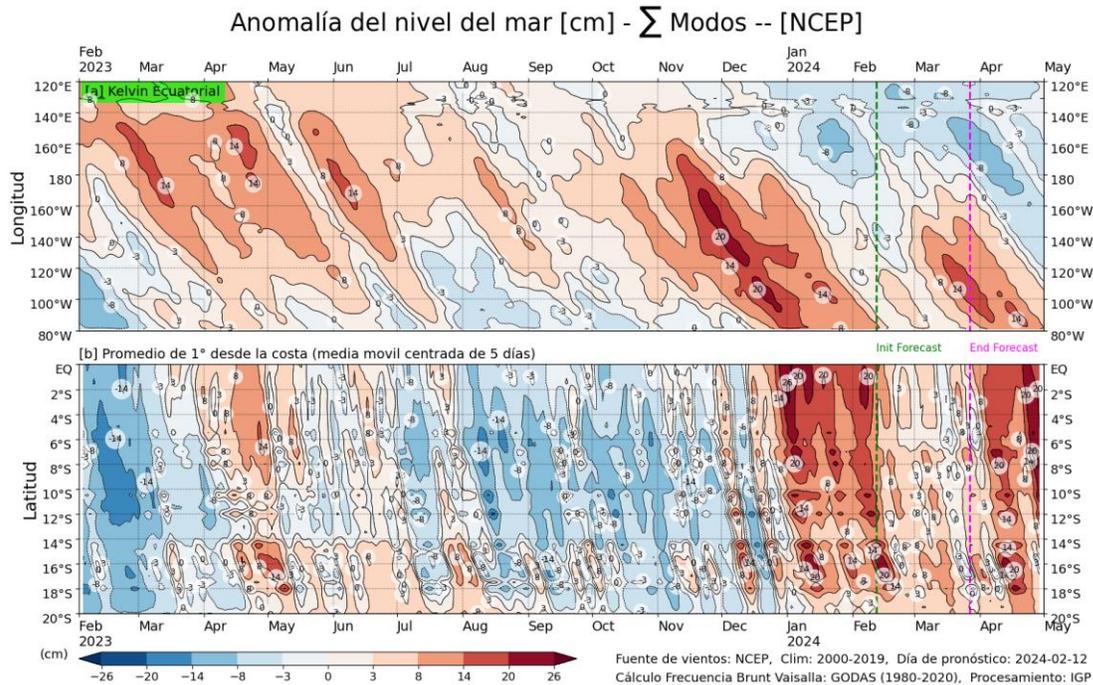


Figura 43. Igual que la Figura 42, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP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

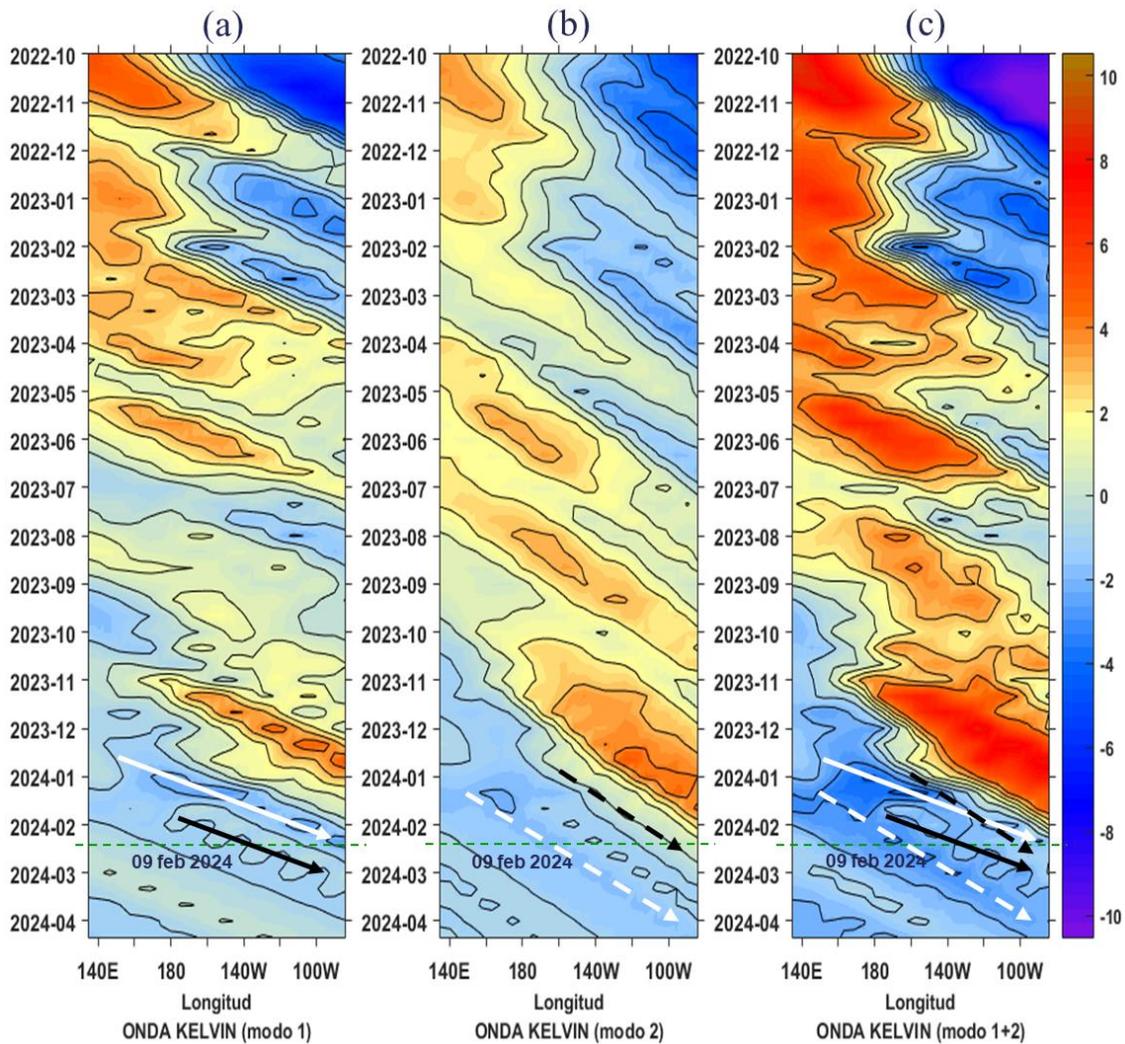


Figura 44. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

Conforme al juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, para el Pacífico central, es más probable que las condiciones cálidas 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 serían frías (**Tabla 8 y Figura 45**).

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

Pacífico central	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	1	4	6
Fría moderada	0	0	0	2	8	12	15
Fría débil	0	0	3	16	32	35	39
Neutro	0	3	29	46	44	41	37
Cálida débil	8	30	42	31	14	8	3
Cálida moderado	62	52	25	5	1	0	0
Cálida fuerte	30	15	1	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones cálidas moderadas en febrero y cálidas débiles en marzo. En abril se espera una transición de condiciones cálidas débiles a normales. A partir de mayo es más probable un escenario de condiciones neutras (seguidas de condiciones frías), por lo pronto, hasta agosto (Tabla 9 y Figura 45).

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

Pacífico oriental	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	1	1	1	1
Fría moderada	0	0	5	6	11	13	14
Fría débil	0	1	15	16	19	22	24
Neutro	0	8	40	58	56	54	53
Cálida débil	14	41	30	15	12	10	8
Cálida moderado	70	40	10	4	1	0	0
Cálida fuerte	16	10	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

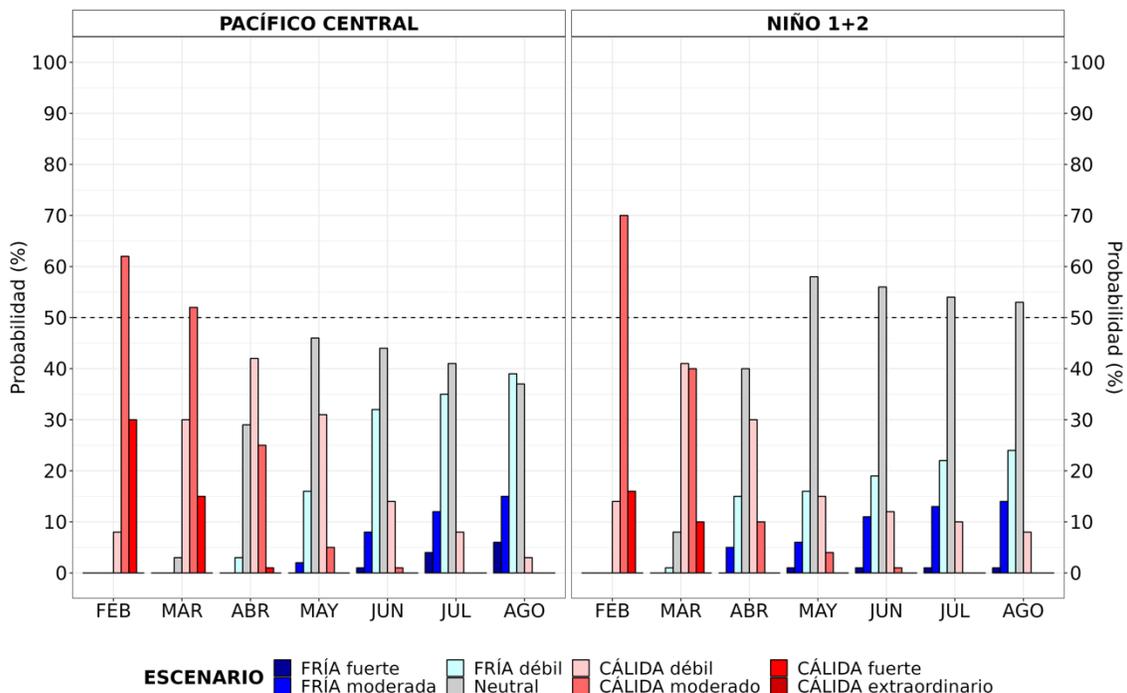


Figura 45. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre febrero y agosto 2024.

El pronóstico vigente para febrero-abril 2024, indica la persistencia de las temperaturas del aire por encima de lo normal² a lo largo de la costa norte y centro. Asimismo, es más probable que las lluvias en la costa norte registren valores normales; mientras que, en la sierra norte estarían entre valores normales y sobre lo normal y en la región andina sur del país se prevén lluvias de normal a bajo lo normal; no se descartan lluvias puntuales de moderada intensidad en la costa norte y región andina, propias de la temporada de lluvias.

Entre febrero y mayo se prevén caudales en condiciones hidrológicas normales en los ríos de la zona nor-occidental del país, con la posible ocurrencia de crecidas, principalmente, en febrero y marzo. En la zona centro-occidental, se espera en promedio, caudales en condiciones hidrológicas normales, sin descartan eventos de crecidas repentinas que podrían afectar las actividades en los ríos y áreas aledañas, además de posibles activaciones de quebradas. Se prevén caudales en el rango normal a debajo de lo normal³ en ríos de la región hidrográfica del Pacífico sur y Titicaca. Asimismo, es probable que predominen caudales en condiciones normales en los ríos de la región hidrográfica del Amazonas.

En cuanto a los recursos pelágicos, de mantenerse las condiciones actuales, para las próximas semanas, se espera que continúe el desove de la anchoveta, mientras que las especies transzonales caballa y jurel mantendrán su disponibilidad para la flota artesanal, principalmente en la zona costera. En relación con los recursos demersales, para las próximas semanas, se espera que se mantenga la disponibilidad y la distribución de la merluza a niveles similares a los observados durante enero 2024. 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 febrero-marzo de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-43.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 fines de verano, como consecuencia de la evolución de El Niño en el Pacífico central y a la variabilidad de las condiciones climáticas regionales recientemente desarrolladas.

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 fecha², en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones cálidas moderadas en febrero y cálidas débiles en marzo. En abril se espera una transición de condiciones cálidas débiles a normales. A partir de mayo es más probable un escenario de condiciones neutras (seguidas de condiciones frías), 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 01 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., Tippet, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. Marine heatwaves in the Humboldt current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños. *Sci Rep* 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4> Takahashi et al., 2014
- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.

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

VI. ANEXO

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

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES				
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Reanálisis						Modelos							
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (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,

