

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 01

12 ENERO DE 2024

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

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

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

Conformación de la Comisión Multisectorial

Presidente:

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

Vice-Presidente:

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

Calm. Carlos Grover GUERRERO Malpartida
Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DIHIDRONAV)

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache
Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

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

Ing. Juan Carlos Castro Vargas
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

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

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Kobi Mosquera (IGP)

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

SENAMHI: Grinia Ávalos, Karen León, Yury Escajadillo, Nelson Quispe, Lourdes Menis, Glicerio Canchari

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas, José Luis Bustamante Albújar

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°01, 10 enero de 2024, 63 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en <http://enfen.gob.pe/>- así como en las páginas web de las instituciones que conforman la Comisión Multisectorial. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: st_enfen@IMARPE.gob.pe.

Fecha de Publicación: 12 de enero de 2024



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 10 de enero 2024

Índice

<u>I.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>II.</u>	<u>MÉTODOS</u>	6
2.1.	<u>Variables</u>	6
	<u>Temperatura Superficial del Mar (TSM)</u>	7
2.2.	<u>Índices</u>	7
	<u>Índice Costero El Niño (ICEN)</u>	7
	<u>Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)</u>	8
	<u>Índices reproductivos de anchoveta</u>	8
2.3.	<u>Modelos y Pronósticos</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)</u>	8
	<u>Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)</u>	9
	<u>Modelos Climáticos de Agencias Internacionales</u>	9
	<u>Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto</u>	9
<u>III.</u>	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 10 DE ENERO DE 2024</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	18
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	32
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	42
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	44
<u>IV.</u>	<u>PERSPECTIVAS</u>	45
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	51
<u>VI.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	52
<u>VII.</u>	<u>ANEXO</u>	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 10 DE ENERO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial se mantuvieron las condiciones cálidas anómalas, con incrementos de las anomalías térmicas en la región central, y disminución en la oriental (**Figura 1**), manteniéndose la tendencia a disminuir que se observa desde meses atrás (**Tabla 1**). Según los datos semanales del OISST en la región Niño 3.4 se registró una anomalía de 1,9 °C; en Niño 3 de 2,0 °C y en Niño 1+2 de 1,0 °C, para la primera semana de enero de 2024 (**Tabla 2**).

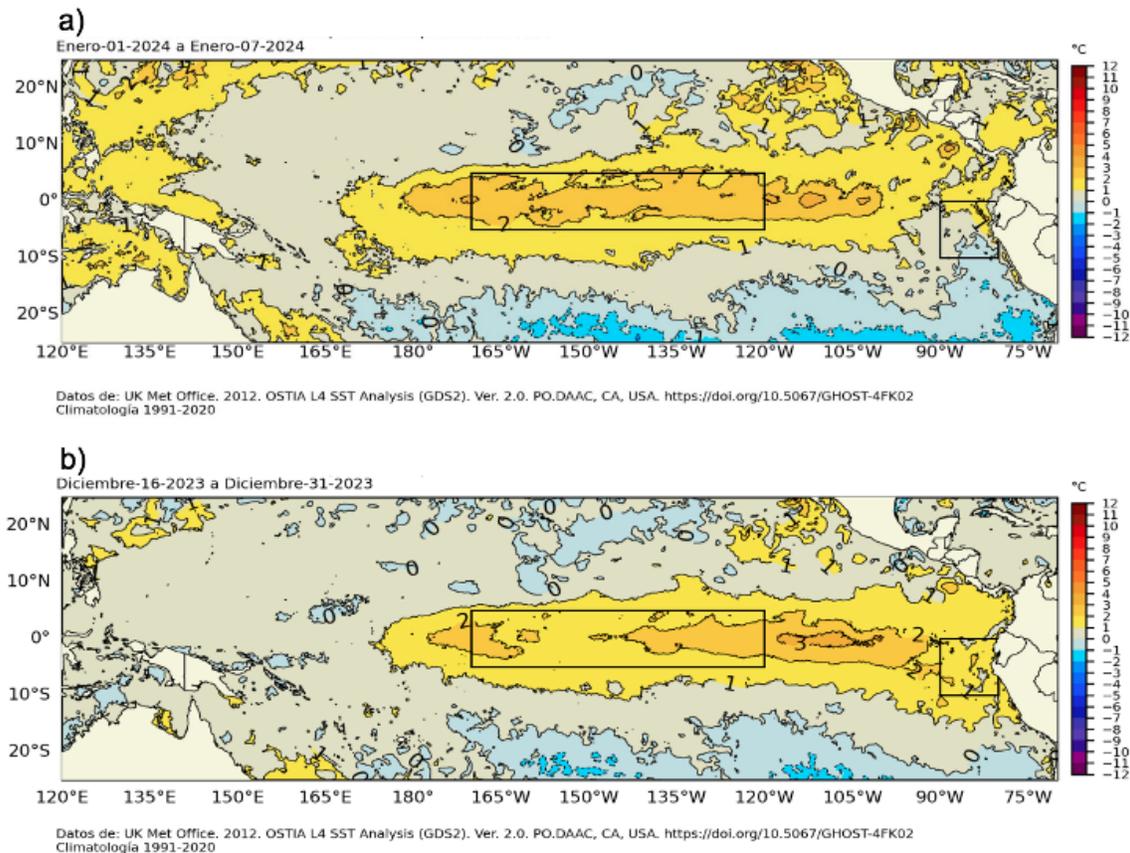


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico Tropical del a) 01 al 07 de enero 2024 y b) del 16 al 31 de diciembre 2023. Fuente: OSTIA. Climatología: 199 1-2020. Procesamiento: DIHIDRONAV.

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Jul. 23	24.94 2.98	27.41 1.60	28.32 1.02	29.60 0.70
Ago.	24.30 3.29	27.12 2.00	28.20 1.35	29.72 0.93
Set.	23.15 2.42	27.01 2.10	28.32 1.60	29.88 1.12
Oct.	23.34 2.32	27.13 2.15	28.43 1.72	29.99 1.23
Nov.	23.73 2.08	27.20 2.10	28.72 2.02	30.21 1.51
Dic 23	24.42 1.61	27.27 2.05	28.67 2.07	30.05 1.51

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
06-Dic-23	23.8 1.3	27.1 2.0	28.6 1.9	29.9 1.4
13-Dic-23	24.3 1.5	27.2 2.1	28.6 2.0	29.9 1.4
20-Dic-23	24.6 1.6	27.3 2.1	28.6 2.0	29.8 1.4
27-Dic-23	24.2 0.8	27.4 2.1	28.6 2.0	29.7 1.4
03-Jan-23	24.7 1.0	27.4 2.0	28.4 1.9	29.7 1.4

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de noviembre y el ICEN temporal (ICEN- tmp) de diciembre se ubican en la condición cálida fuerte y cálida moderada, respectivamente. Por otro lado, los valores del ONI de noviembre y el temporal (ONItmp) de diciembre 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
dic-22	-0,81	Neutro	-0,83	Fría Débil
ene-23	-0,27	Neutro	-0,71	Fría Débil
feb-23	0,42	Cálida Débil	-0,45	Neutro
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0.16	Neutro
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
dic-23	1,47	Cálida Moderada	1,95	Cálida Fuerte

Fuente: IGP

Según la información de altimetría satelital, se observa una nueva onda de Kelvin cálida (**Figura 2** y **Figura 3**) localizada aproximadamente en 140°W, posiblemente formada por el pulso de viento desarrollado a mediados de diciembre alrededor de la línea de cambio de fecha y fortalecido con el pulso de viento alrededor de 140°W formado y a fines de diciembre. En esta misma variable, aún se observan señales de ondas de Rossby frías en la zona occidental que estarían reflejándose como ondas de Kelvin frías. En la termoclina, se observa la señal de una onda de Kelvin cálida en 110°W. Es probable que esta onda sea consecuencia del pulso de viento del oeste que se desarrolló a inicios de noviembre. Esta onda tiene una velocidad aproximada de 1.8 m/s. Además, se sigue observando el desplazamiento el paquete de ondas de Kelvin frías, localizadas en 130°W, aproximadamente (Figura 2).

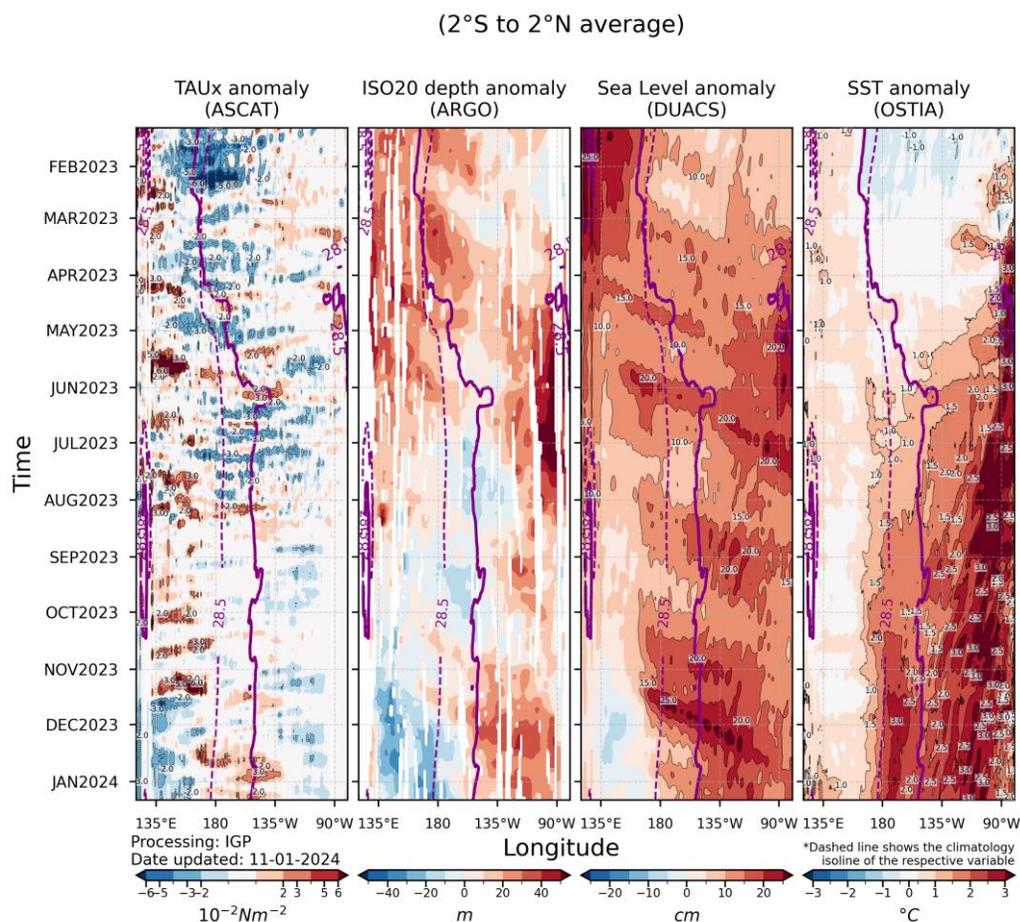


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

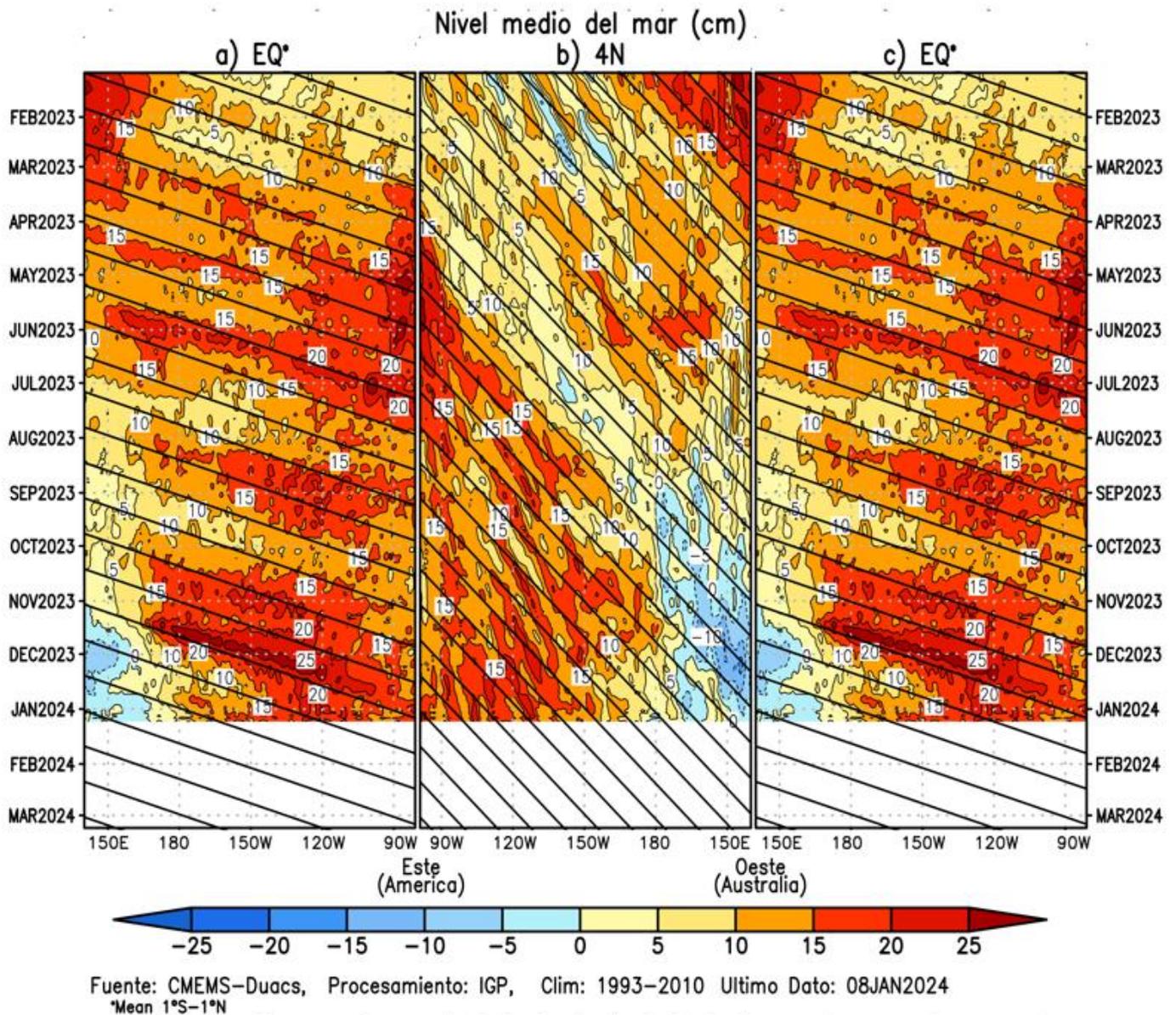


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duac a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras este 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 el Pacífico ecuatorial, en promedio para diciembre (01-31dic), continuaron observándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central, extendiéndose hacia la región oriental y principalmente norte. Sobre la franja del mar continental, se mantuvieron anomalías positivas de presión atmosférica favoreciendo cierta ausencia de precipitaciones sobre la región. Además, en el Pacífico oriental la subsidencia en continente de la circulación Walker se debilitó con respecto al mes de noviembre, e inclusive se puede apreciar una componente vertical del viento entre los 45°W y 60°W asociado a una convección y favoreciendo las lluvias que se dieron en el mes (**Figura 4 c y d**).

El gradiente de presión que muestra desde el mar continental hacia el este favorece el dominio de flujos de anomalías del oeste desde los 150°E a 120°W (**Figura 4 b y d**). La media móvil del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 7 de enero del 2024, alcanzó el valor de -1.5, asociado a las condiciones de presión atmosférica descritas; sin embargo, los valores del SOI ya describen condiciones neutras. Por otro lado, el ramal subsidente de la circulación de Walker, sobre la franja de los 150°E a 90°E mostró un ligero fortalecimiento respecto a lo observado en noviembre. Además, en diciembre persistió la fase divergente de la MJO, estando muy activa entre los 170°E a 170°W (**Figura 4c**) con una convección que se incrementó significativamente; mientras que sobre la región continental (Sudamérica) un cambio importante se dio desde la segunda semana de diciembre, en donde se propagó la fase divergente de la MJO, (a diferencia de noviembre, ver **Figura 5 c**). Sin embargo, a inicios de enero del 2024 y en los próximos días se espera que la fase convergente se propague desde el Pacífico central hacia el Pacífico oriental y las costas de Perú.

En el Pacífico tropical, el promedio del mes de diciembre en niveles bajos de la troposfera (850 hPa), presentó anomalías positivas del oeste entre los 150°E a 110° W; (**Figura 4 b**). En niveles de alta tropósfera de la franja tropical se observaron anomalías de flujos del este en forma predominante desde los 180°W hasta los 90°W; mientras que, entre la franja de las latitudes de los 10°S a 30°S, dominó un patrón de anomalías del oeste, que hicieron su ingreso a la región sur del Perú propiciando eventos de lluvia explosiva con alta frecuencia de descargas eléctricas por la advección de aire seco y frío (que propicia convección), ocurriendo estos eventos en forma localizada en la zona altoandina.

Asimismo, en la franja ecuatorial durante diciembre, 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 noviembre; 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 5 a y b**). En zonas cercanas a Sudamérica se detectaron ligeras anomalías del este, condición que fue favorecida por la intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) ubicada al suroeste de su posición habitual con anomalías de hasta +5 hPa (en su núcleo, ver **Figura 6**). Se espera que en enero cambie el patrón de anomalías y predominen los pulsos del este que se extenderán a lo largo del Pacífico central, lo que probablemente contribuirá a reducir las anomalías de la TSM (**Figura 5 a y b**). El gradiente isobárico desde el núcleo del APS hacia la costa peruana, favoreció la sostenibilidad del viento costero e incluso con anomalías positivas del sureste hasta aproximadamente el 20 de diciembre, para luego, en los posteriores días, sufrir una ligera caída en la presión atmosférica e inversión de los vientos favoreciendo ingreso de humedad hacia la costa norte del Perú y Ecuador.

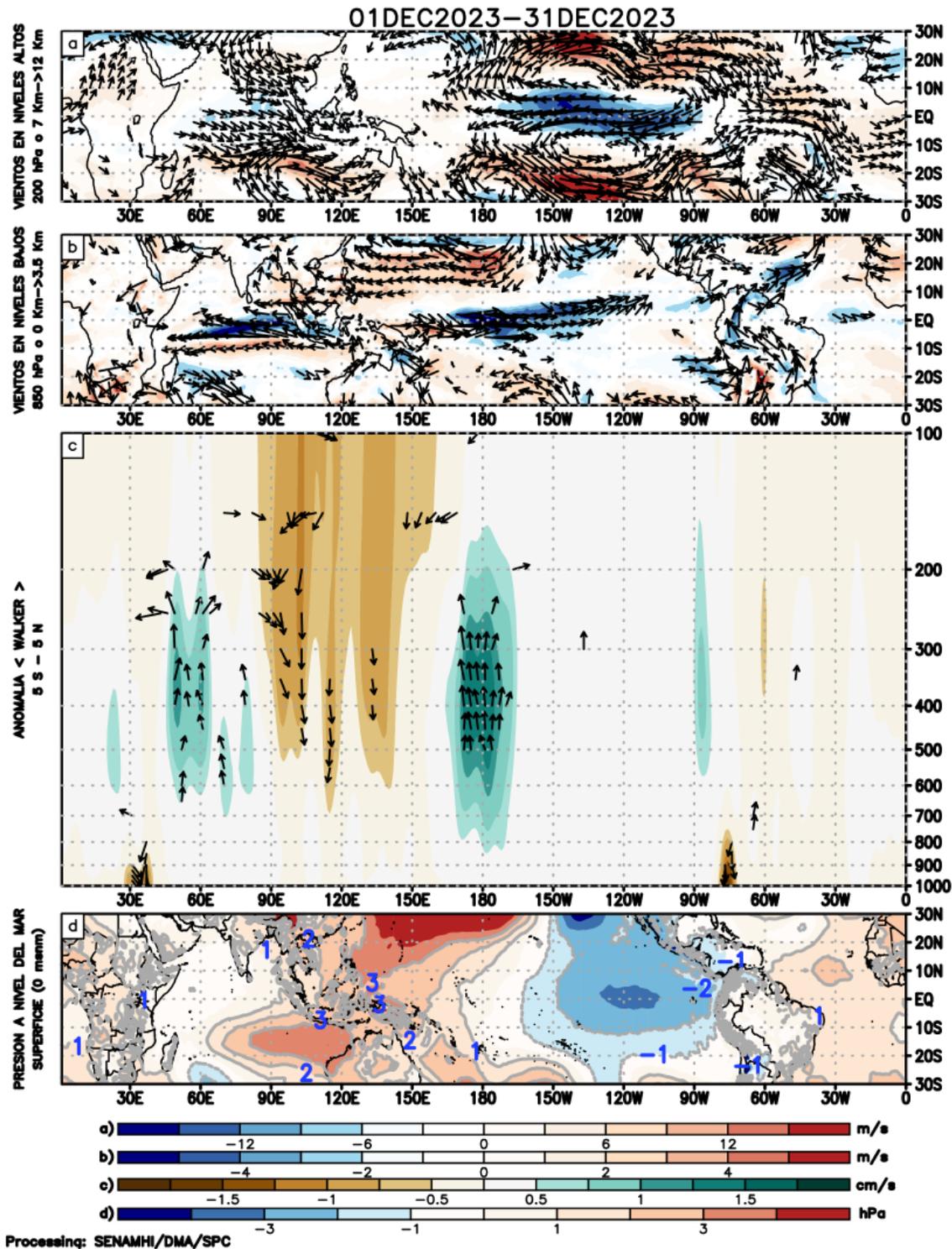


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-31 de diciembre de 2023, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

Respecto a la circulación en niveles altos, en las primeras semanas de diciembre 2023 se presentó una fase de velocidad potencial convergente entre los 30°W – 90°W para luego tener un corto período de fase divergente en la siguiente semana y finalmente una tendencia a valores neutros a fines de diciembre.

La fase convergente contribuyó a que predominen anomalías negativas de precipitación en las primeras dos décadas, para luego presentar anomalías positivas en la última década de diciembre. Respecto al mes de enero 2024 se puede observar que desde la línea de pronóstico (**Figura 5**), la fase convergente (zona convergente en altura) se desplaza desde los 150°W hacia el este llegando a la zona continental (Sudamérica) hacia principios de la última semana de enero (24 enero 2024) limitando actividades de convección. Los modelos GFS y CFS concuerdan en el comportamiento de desplazamiento de la fase convergente hacia continente, sin embargo, presentan ciertas diferencias en su intensidad (**Figura 5**).

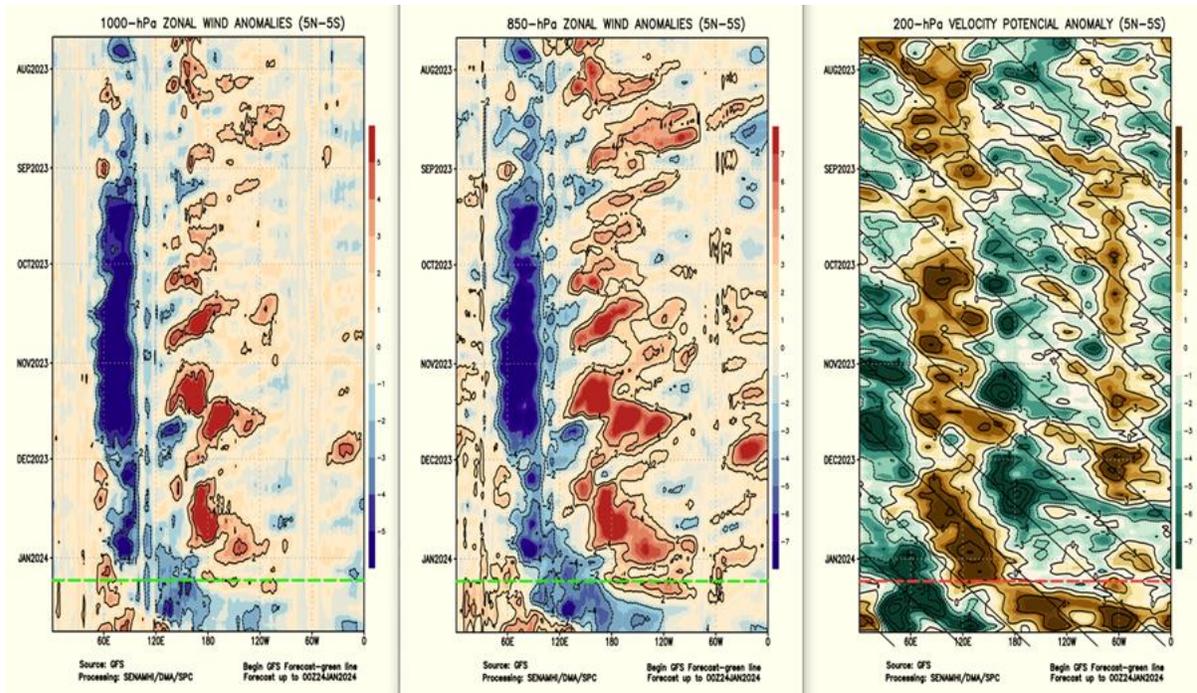


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre julio 2023 a enero del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. La línea roja muestra el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para diciembre, mostró una configuración zonal, con intrusiones de la Zona de Convergencia del Pacífico sur (ZCPS) dividido en dos núcleos (occidental – oriental), en donde el más intenso se ubicó relegado hacia el suroeste de la costa de Sudamérica (40°-100°W) con valores de hasta 1030 hPa y con anomalías hasta de +5 hPa, mientras que el segundo núcleo estuvo ubicado más alejado al oeste entre, a 40°S y 150°W. El comportamiento del APS para los primeros días de enero 2024 (1 al 9) fue similar con dos núcleos; sin embargo, el núcleo más occidental y alejado de continente tuvo una mayor intensidad, llegando a 1024 hPa y con una anomalía de hasta +3hPa (**Figura 6**).

El pronóstico del GFS indica que los vientos alisios del sudeste entre el 11 al 17 de enero 2024 estarían presentándose debilitados con episodios cortos de anomalías de vientos del norte y del oeste cercanos a la costa central y norte del Perú, lo que favorecerá ingreso de humedad y aire cálido para la zona norte de la costa peruana. (**Figura 7** y **Figura 8**). Finalmente, entre el 18 al 24 de enero 2024, se espera una intensificación del APS en el núcleo más cercano a la costa occidental de Sudamérica con valores de hasta hasta 1026 hPa (**Figura 7**) lo que se reflejaría en la intensificación de los vientos alisios del sudeste en la costa peruana y una reducción en la magnitud de las anomalías de vientos del norte (**Figura 8**).

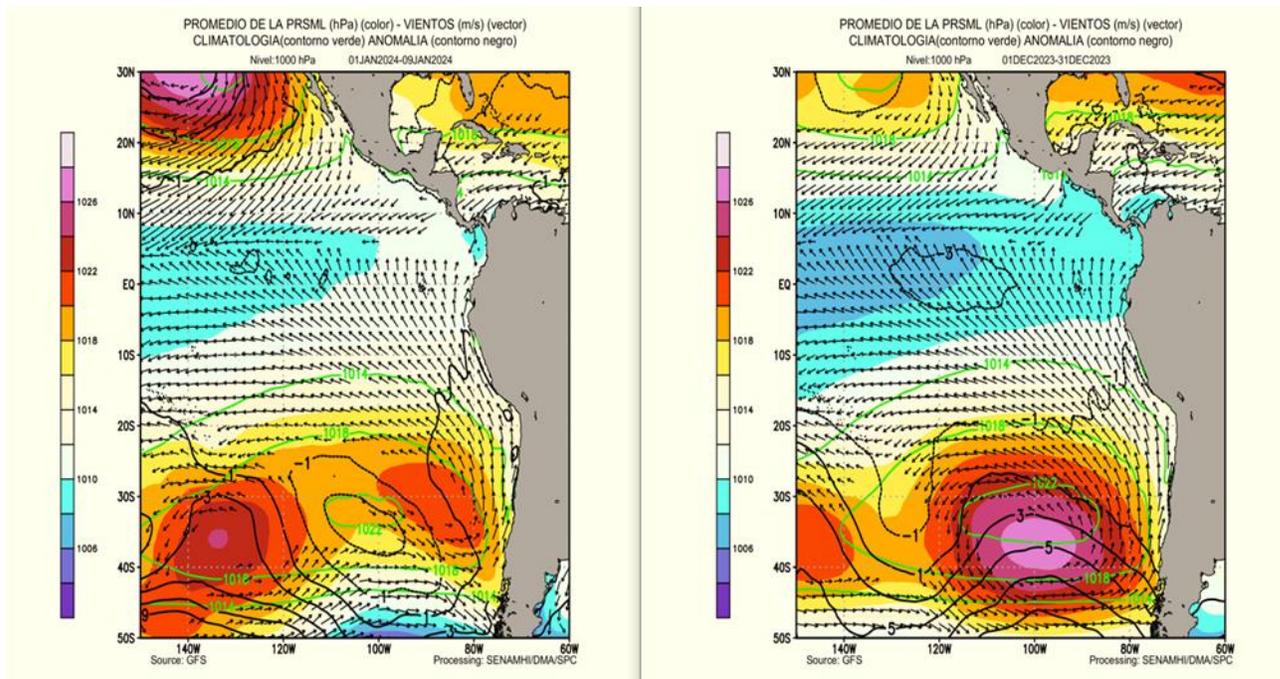


Figura 6. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 31 de diciembre (der.) de 2023 y 01 al 09 de enero (izq.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

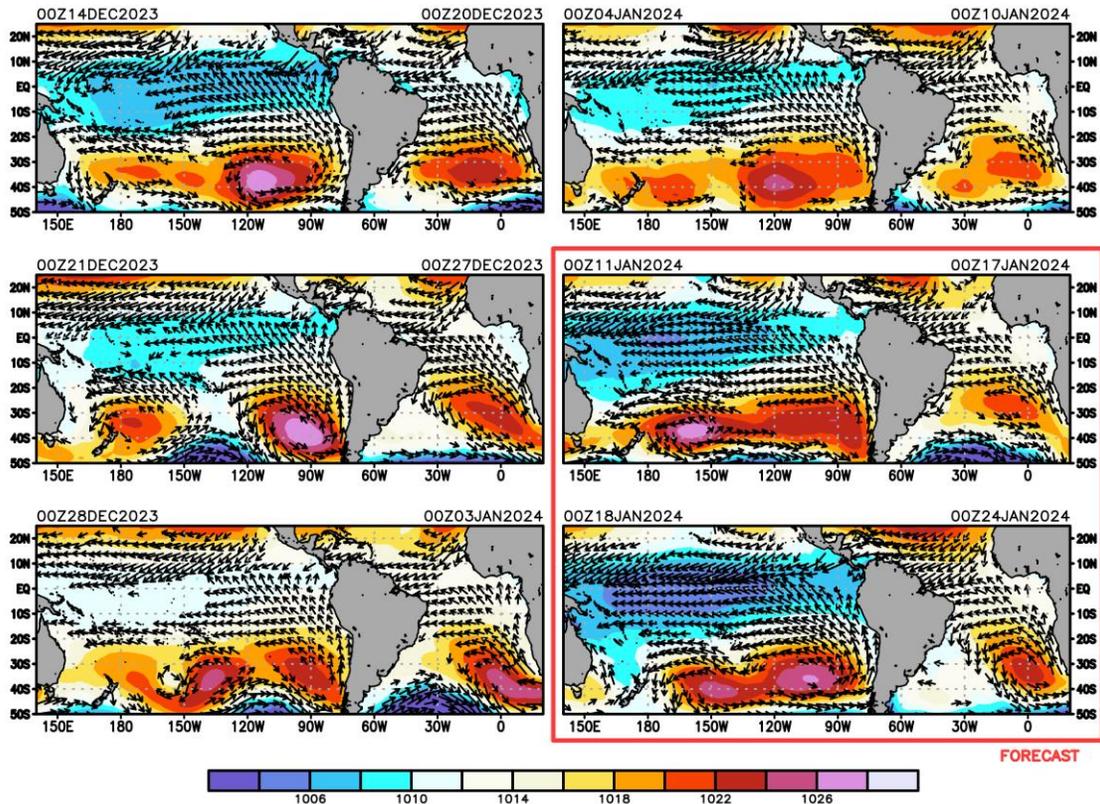


Figura 7. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 14 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024. Pronóstico: del 11 al 24 de enero de 2024. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

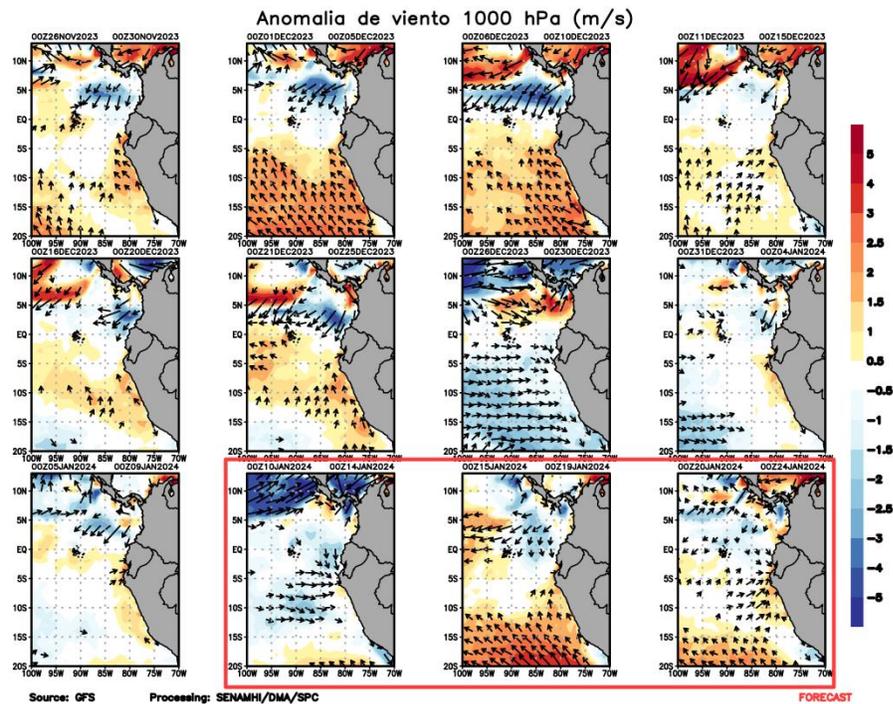


Figura 8. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 26 de noviembre de 2023 al 9 de enero de 2024. Pronóstico: del 10 de enero al 24 de enero del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

Para el trimestre OND 2023, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango intenso (+3,5 hPa) y se ubicó al suroeste de lo normal. Con respecto al trimestre SON, hubo un fortalecimiento anómalo de la intensidad y un desplazamiento al sureste del APS, tendencia que continuó en diciembre en lo relacionado a la intensidad (**Figura 9**).

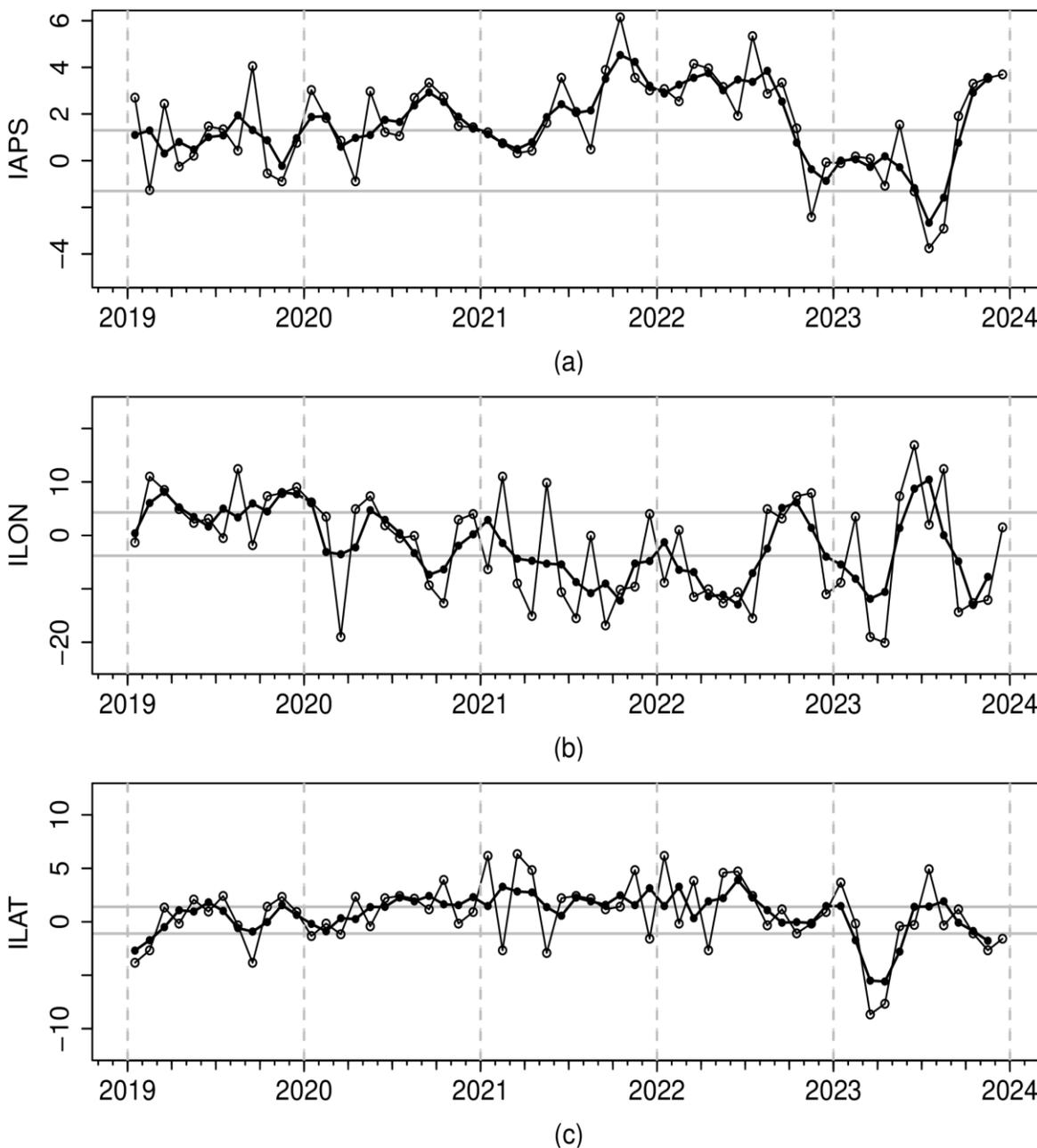


Figura 9. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre OND 2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 hasta diciembre 2023. Climatología 1991 – 2020.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 110 km predominaron vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m s⁻¹), con anomalías de velocidad de viento (VV) en el rango positivo (> +1,0 m s⁻¹).

Durante diciembre 2023 y hasta el 9 de enero 2024, predominaron vientos moderados con anomalías en el rango positivo ($>+1,0 \text{ m s}^{-1}$). Entre el 26 y 30 de diciembre 2023 se registró un debilitamiento del viento, generando anomalías negativas de la VV, aunque para la primera semana de enero 2024 las anomalías retornaron a valores positivos (**Figura 10**). El afloramiento costero tendió a debilitarse frente a Talara – Paita ($<400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ 100 m}$), aunque la anomalía se mantuvo en promedio en el rango positivo a neutral en esa zona, así como a lo largo de la costa, salvo entre los días 25 y 30 de diciembre 2023, en el cual estuvo por debajo de lo normal. Respecto al bombeo de Ekman, respecto a los meses anteriores, las anomalías disminuyeron notoriamente en diciembre 2023 y hasta el 9 de enero 2024, oscilando entre valores positivos y negativos cercanos a cero (**Figura 11**).

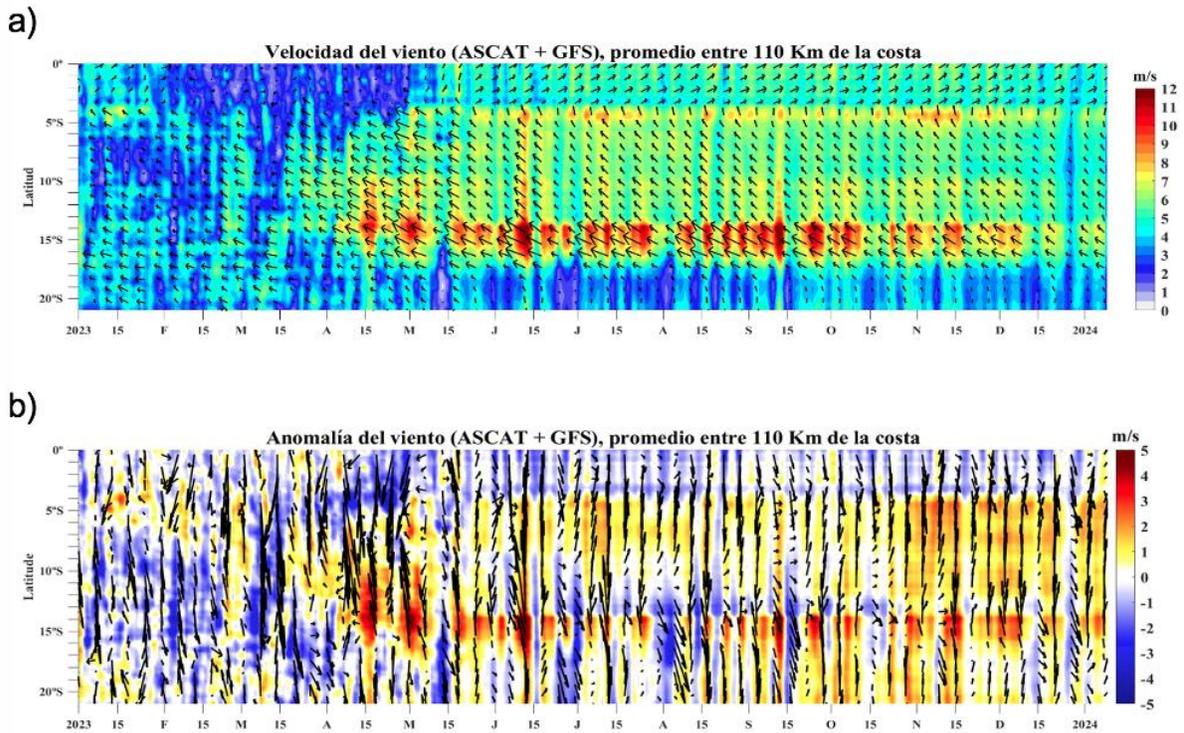


Figura 10. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 9 de enero.

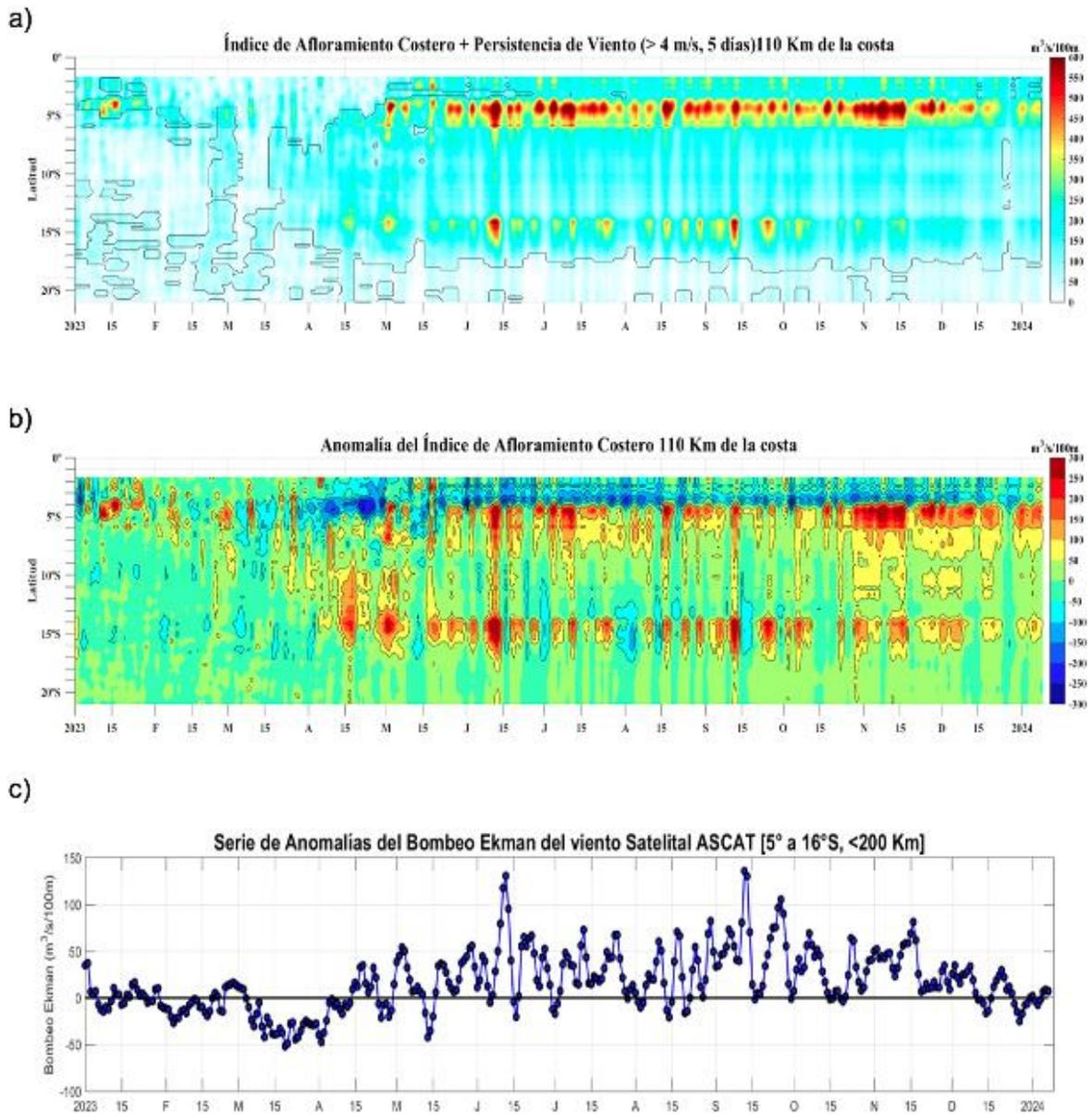


Figura 11. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($m^3 s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 9 de enero.

En lo que va de enero se mostró la continuidad de la disminución de la temperatura del aire (desde diciembre) a lo largo del litoral costero. Este descenso está asociado a la disminución de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM) el cual está influenciado por la intensificación de los vientos alisios (viento del sur/sureste), asociado al fortalecimiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y sistemas de alta troposfera sobre el Pacífico suroeste que incentivan la subsidencia e intensificación del APS, así mismo este comportamiento del APS influye en la presencia de cobertura nubosa. Así mismo, cabe resaltar que, a pesar de la disminución de temperatura del aire a lo largo de la costa norte y central, continúan siendo superiores a su climatología. Este comportamiento anómalo de la temperatura del aire es debido principalmente a la influencia del fenómeno de El Niño Costero.

Las temperaturas máximas diurnas, en promedio, se mantienen por encima de sus valores normales en la costa norte y costa central con anomalías en promedio de 1,1 °C a diferencia de la costa sur que presentan dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0$ °C. Entre tanto, las temperaturas mínimas presentan en promedio anomalías positivas en la costa central (+1,6 °C) y valores dentro de su variabilidad climática en la costa norte y la costa sur del Perú. Los mayores incrementos de la temperatura máxima (mínima) se registraron en la costa norte y central (costa central), especialmente en las estaciones de Trujillo con +1,9 °C y Campo de Marte con +1,8 °C (Huarmey +2,4 °C) respectivamente (**Figura 12**).

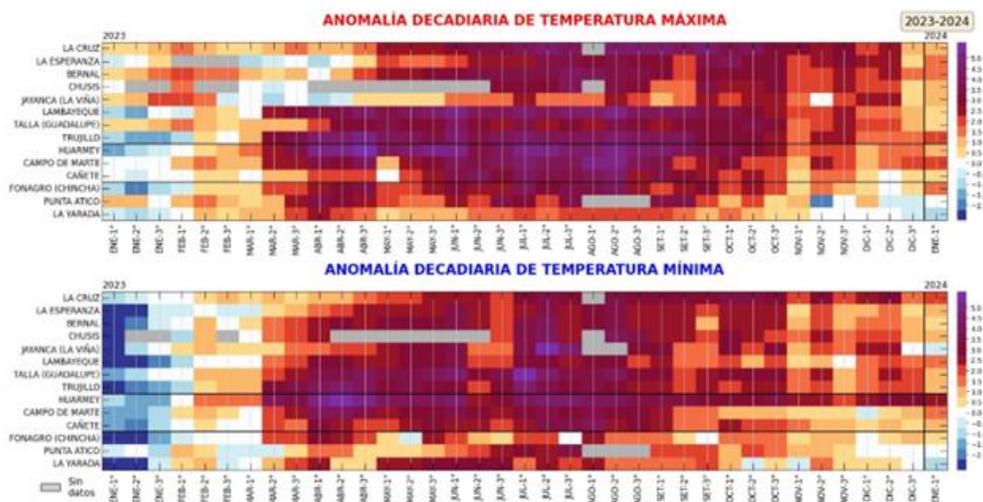


Figura 12. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano manifestó un calentamiento característico de la estacionalidad frente a toda la costa durante diciembre, incrementándose principalmente en la zona oceánica frente a la costa centro y sur. Sin embargo, se mantuvo el calentamiento anómalo en la zona norte y parte centro, que alcanzó anomalías de TSM de 2.5 °C en la última semana de diciembre. Para la primera semana de enero, las anomalías disminuyeron principalmente en la zona oceánica, persistiendo valores alrededor de 1°C frente a la costa norte y centro (**Figura 13**).

A otra escala, en el litoral de Perú la TSM no reflejó el calentamiento durante las primeras 3 semanas de diciembre, manteniéndose valores alrededor de lo normal frente al litoral norte y sur y cálidos frente al litoral centro, con anomalías diarias hasta 2 °C frente a Callao. Sin embargo, durante la cuarta semana de diciembre e inicios de enero se registró un incremento de las anomalías positivas frente al litoral norte, registrando hasta 4 °C al norte de Paita, lo que se asoció al paso de la onda Kelvin cálida esperada (**Figura 14**).

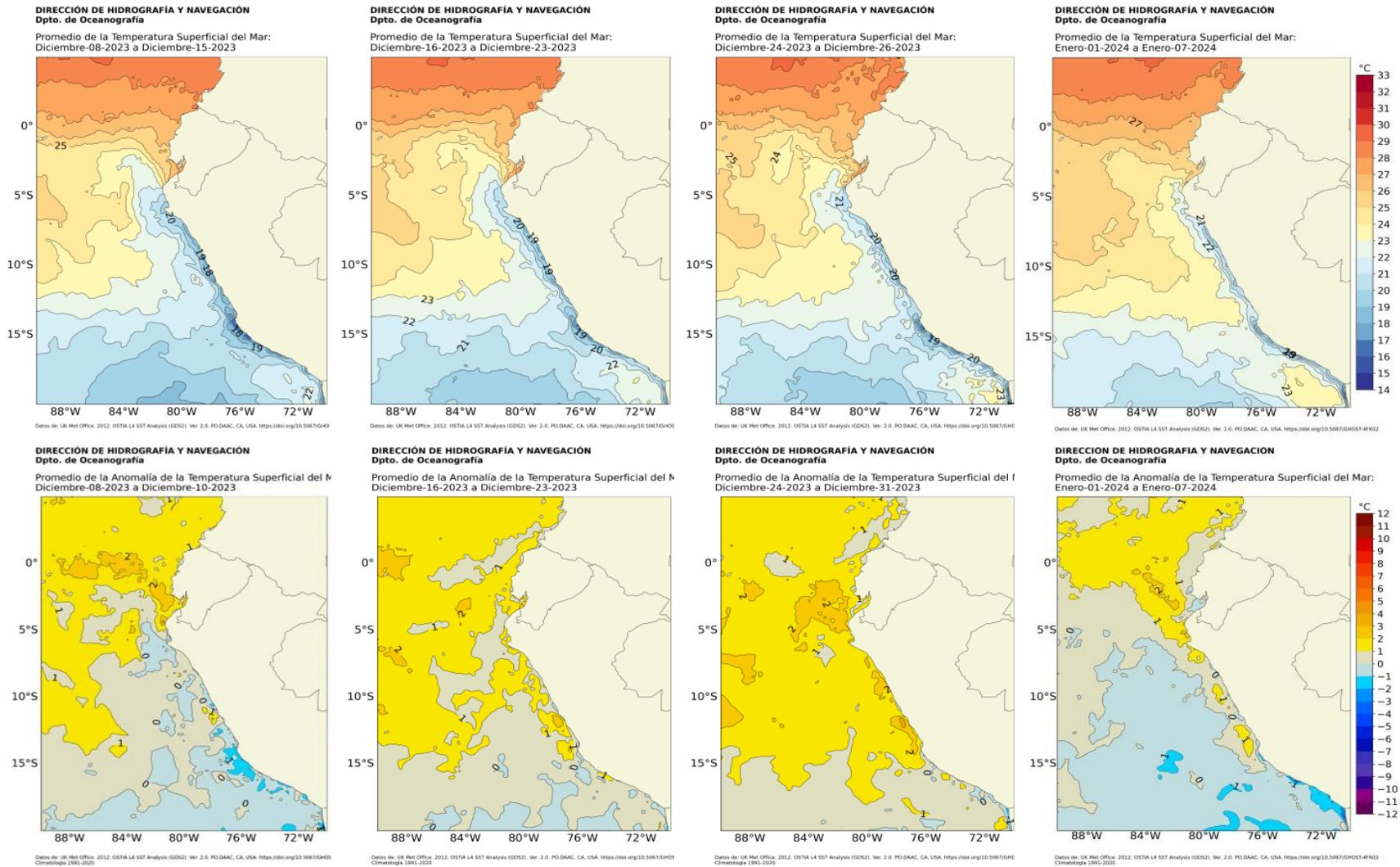


Figura 13. Distribución semanal de la a) temperatura y b) anomalía de la temperatura superficial del mar durante diciembre 2023 y la primera semana de enero 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

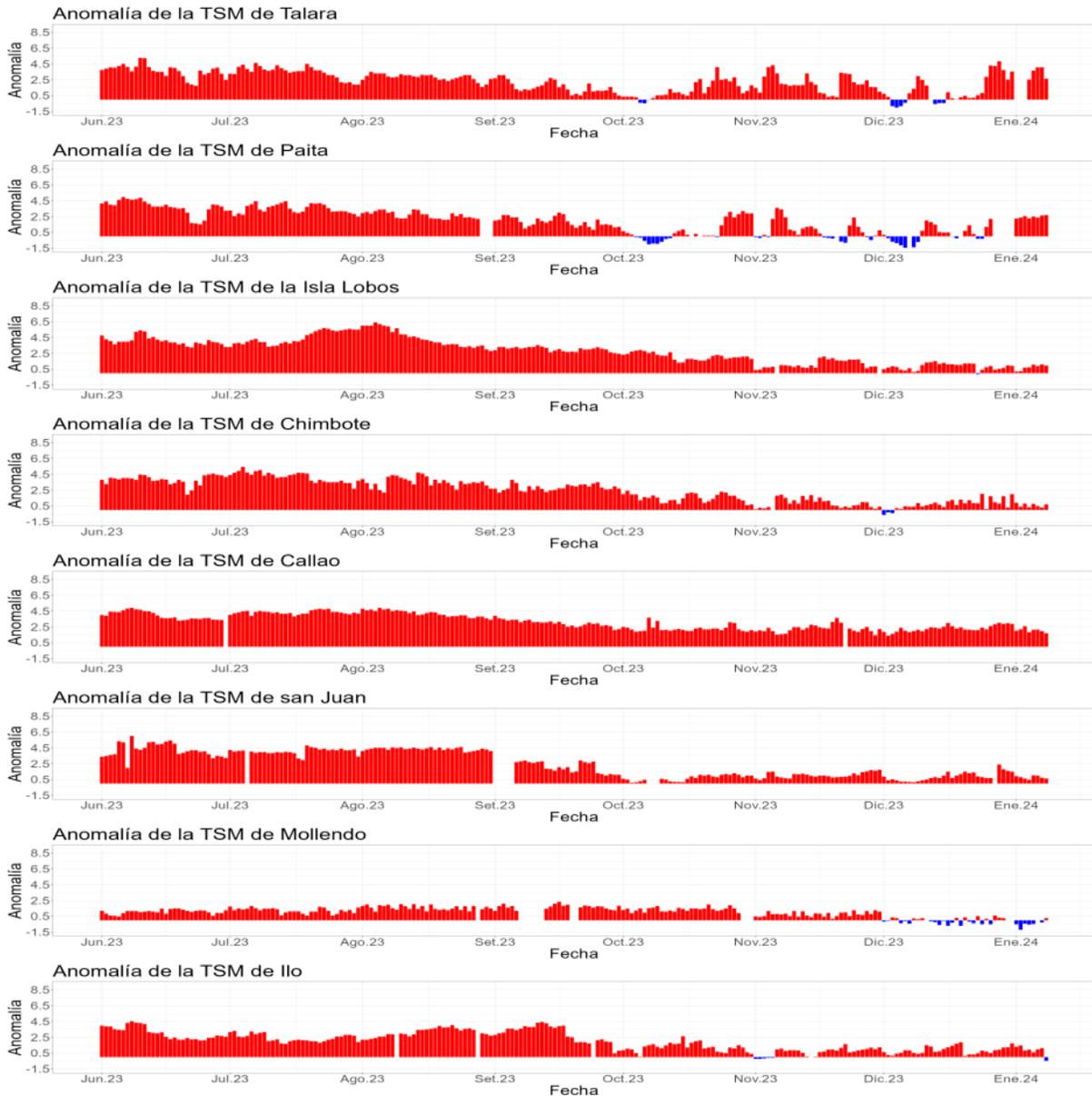


Figura 14. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a enero 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

La ola de calor marina (OCM) se mantuvo fuera de la mayor parte de la franja de las 150 mn de la costa entre los 2°S y 15°S durante el período de la última semana de diciembre y la primera semana de enero 2024, manteniéndose un núcleo remanente al norte de Máncora. Sin embargo, considerando el sector al sur de los 4°S de la banda, que corresponde a la zona de distribución del afloramiento costero, la presencia de la OCM iniciada en la última semana de febrero de 2023 llegó a su fin en la primera semana de diciembre (**Figura 15**).

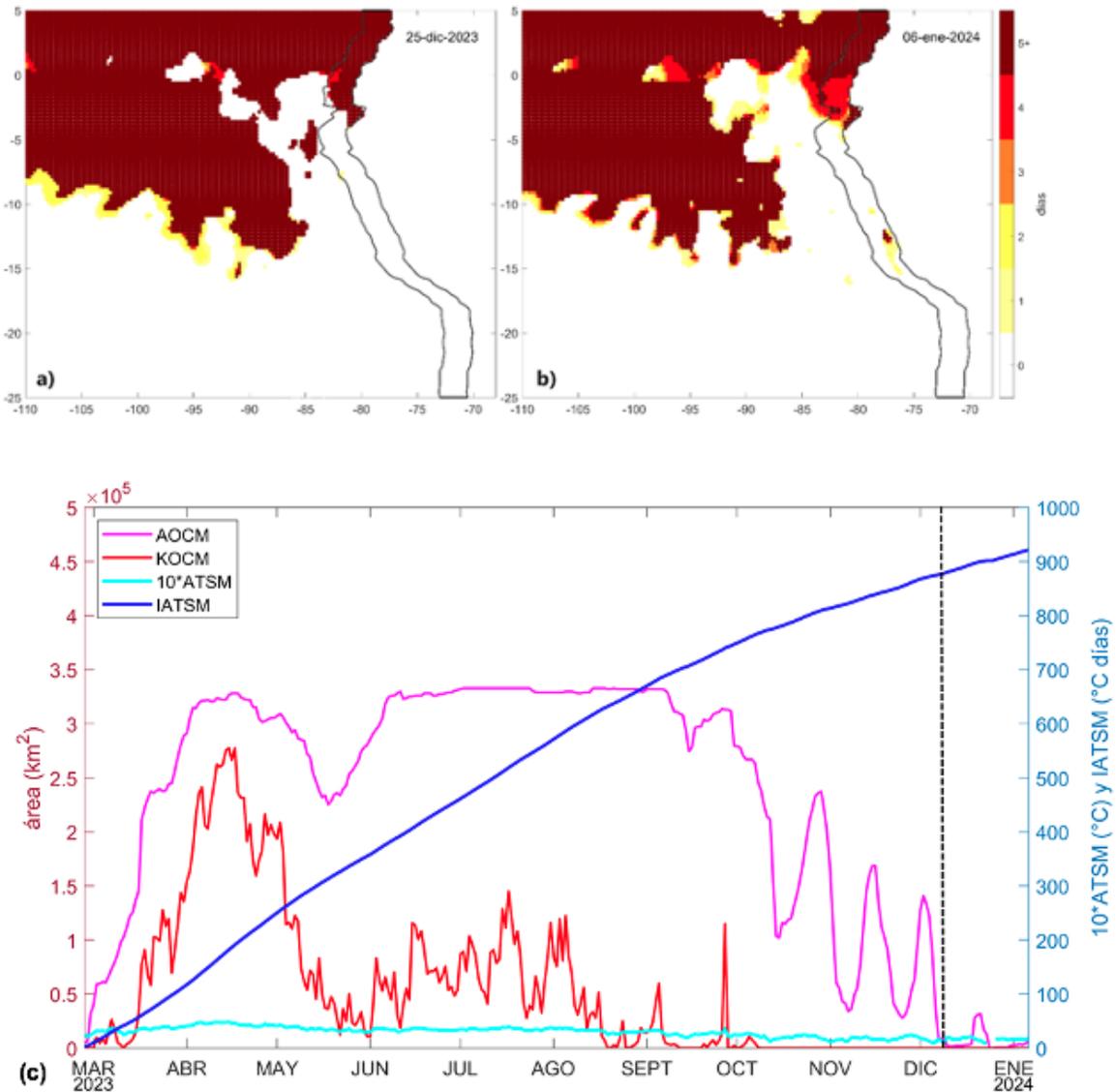


Figura 15. Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa el 25 de diciembre del 2023 (a) y el 6 de enero del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 4 y 15° S y dentro de las 150 mn: área de la OCM (AOCM, Km2); área de la OCM donde la ATSM > +4 °C (KOCM, Km2); anomalía diaria de la TSM; y anomalía integrada (IATSM; °C x días). La línea punteada señala la finalización de la OCM (06 de diciembre 2023). Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

Las anomalías del nivel de mar (ANM), en la franja de 60 mn adyacentes a la costa desde la última semana de diciembre 2023, mostraron un incremento significativo al norte de San Juan de Marcona, pasando de valores promedio menores a +15 cm a valores superiores a +20 cm al norte de Punta Falsa, con un máximo de +24,9 cm (Tumbes) el 5 de enero 2024, y a valores entre +15 y +20,9 cm desde Punta Falsa a San Juan de Marcona, con su máximo frente a Casma el 6 de enero. Este incremento refleja la propagación a lo largo de la costa de la onda Kelvin cálida que habría arribado frente a Sudamérica la última semana de diciembre. Hacia el sur, las ANM se incrementaron levemente con valores por debajo de los +15 cm (**Figura 16 y Figura 17**).

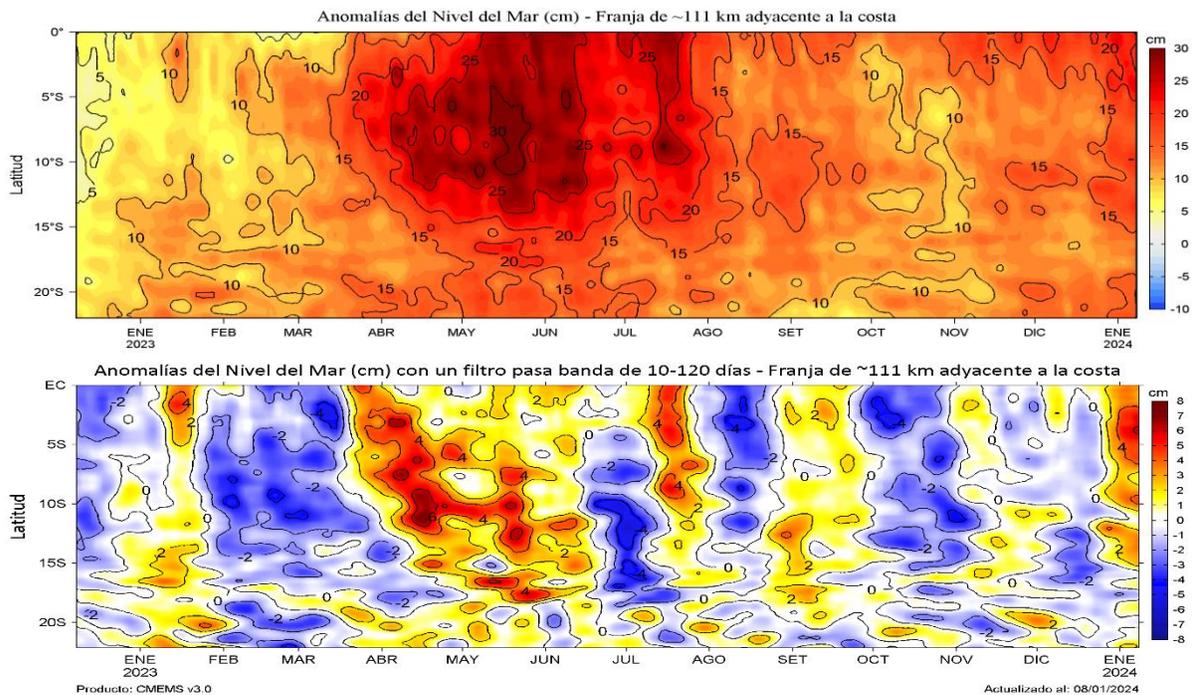


Figura 16. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 11 de diciembre 2023. Fuente: CMEMS v3.0.

Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

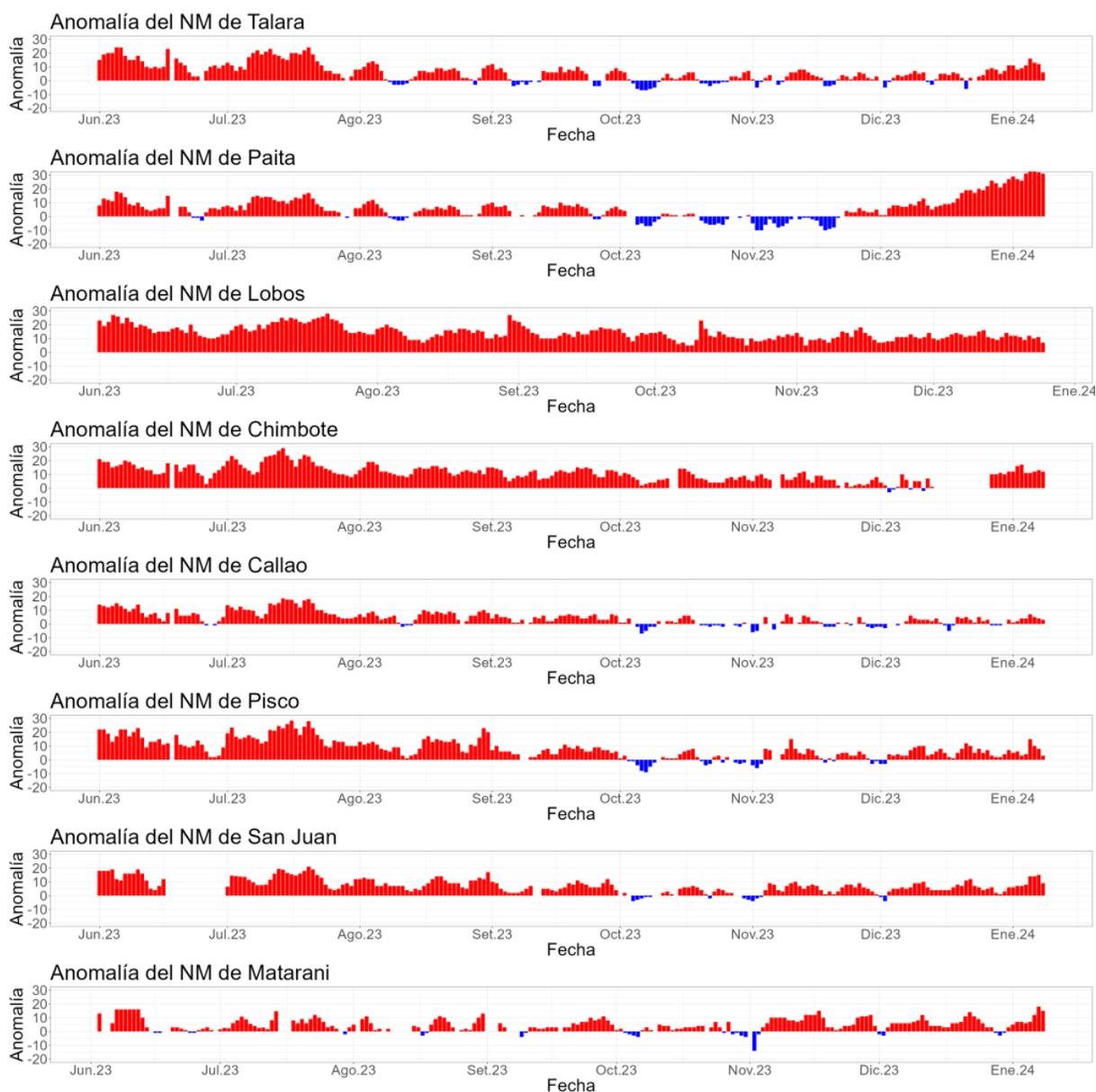
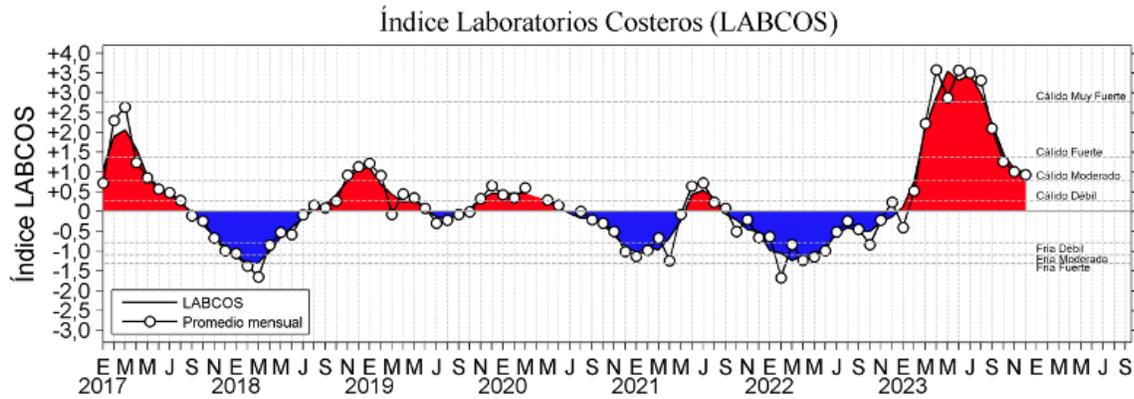


Figura 17. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a enero 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de $+0,97\text{ }^{\circ}\text{C}$ para diciembre 2023, manteniendo la condición cálida moderada observada 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 un valor preliminar de la primera componente de $+0,2$ para diciembre 2023, indicando el cambio de una condición cálida a una condición en el rango neutro (**Figura 18**).

a)



b)

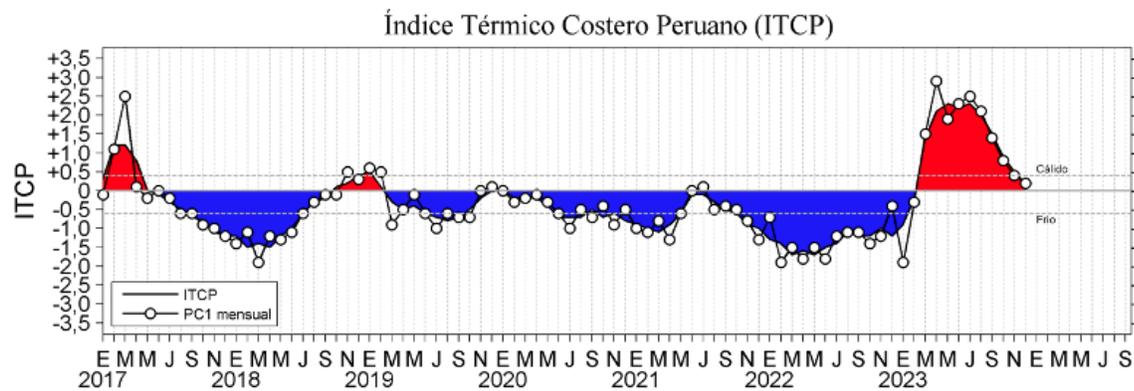


Figura 18. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2023.

Respecto a la temperatura subsuperficial, entre la última semana de diciembre y primeros nueve días de enero, frente a Tumbes entre las 70 y 230 mn frente a la costa, se observó anomalías entre +1 °C y +4 °C sobre los 180 m de profundidad principalmente, asociado al paso de la onda Kelvin cálida; mientras que, frente a la costa central, entre los 150 y 270 mn, se observaron anomalías entre +1 °C y +2 °C sobre los 90 m de profundidad, en promedio (**Figura 19**). Cabe indicar que, considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, entre la última semana de diciembre 2023 y primeros nueve días de enero 2024, se detectaron anomalías térmicas entre +2 °C y +4 °C sobre los 80 m de profundidad, superiores a las registradas en octubre y noviembre 2023, así como anomalías superiores a +1 °C entre los 250 y 350 m de profundidad. Este tipo de variabilidad también se observó durante El Niño 2015-2016 (**Figura 20**).

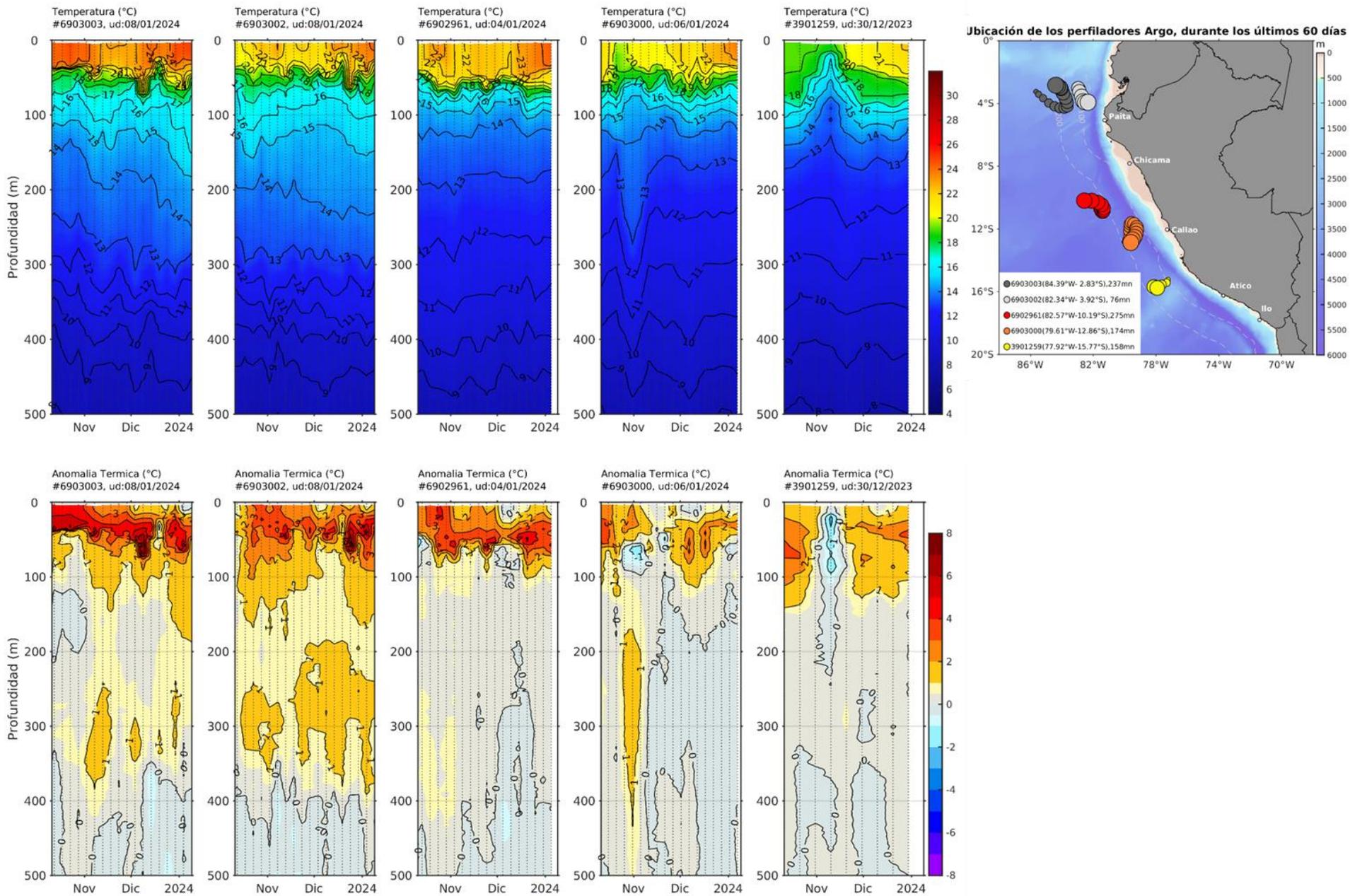


Figura 19. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (julio-agosto). Climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

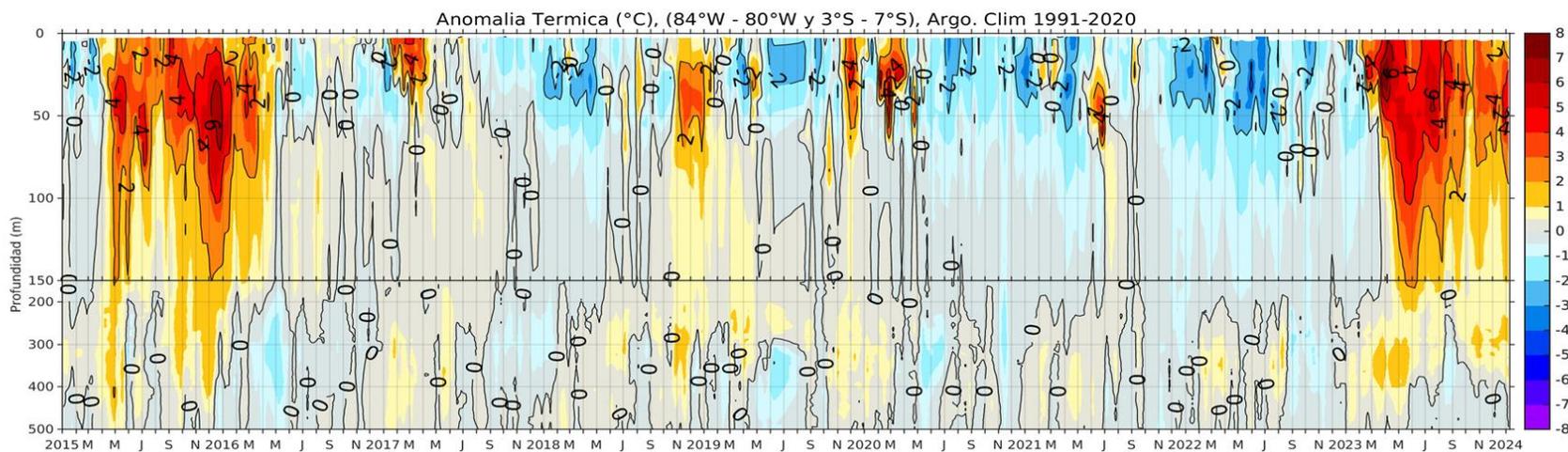


Figura 20. Arriba: anomalías acumuladas desde el inicio del evento en las capas de 0-5 m, 0-70 m y 0-400 m, para los eventos El Niño 2015-2016, El Niño Costero 2017 y el evento actual (2024 hasta la fecha) en base a registros de perfiladores Argo entre los 84°W – 80°W y 03°S – 07°S. Las cifras asociadas a las series corresponden a los valores máximos alcanzados en EN 2015-16 y al último valor registrado durante EN 2023-24. bajo: Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte; climatología: 1991- 2020. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura continuó aumentando, observándose una rápida profundización de las isotermas entre fines de diciembre 2023 y la primera semana de enero 2024, registrándose anomalías cálidas sobre los 200 m. Además, se detectó, la entrada de agua proveniente del norte y desde del oeste hacia la costa, asociadas a Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES). Por su parte, a 100 millas de Paita continuó incrementándose la TSM; sin embargo, para inicios de enero la anomalía se presentó ligeramente por debajo de 1°C a pesar de la presencia de las AES en los primeros 25 m de profundidad; pues a diferencia de frente a Puerto Pizarro, se observó un flujo norte predominante (**Figura 21**).

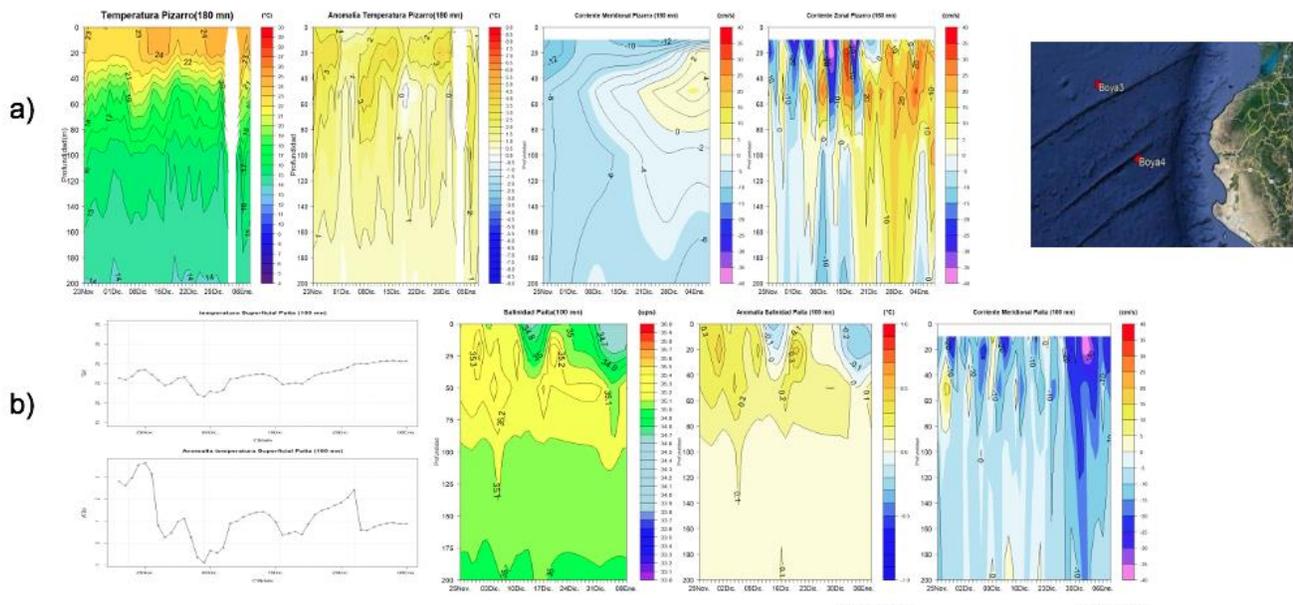


Figura 21. Secciones de la temperatura del mar, anomalía de la temperatura, salinidad del mar, anomalía de la salinidad, y corriente frente a la costa de Perú en a) Boya NAYLAMP 3 y b) Boya NAYLAMP 4. Periodo: 23 de noviembre 2023 a 06 de enero 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica un enfriamiento para la próxima semana sobre los primeros 150 m de profundidad, elevándose las isotermas y decayendo las anomalías positivas, principalmente en los primeros 50m, reflejándose valores alrededor de su normal. Asimismo, a 100 millas se espera que la temperatura presente una ligera disminución de las anomalías, predominando hasta 2 °C sobre los 120 m. Por otro lado, frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama se espera un incremento de la temperatura y profundización de las isotermas, donde se observarían anomalías de hasta 2 °C sobre los 150 m; asimismo, frente a 40 mn de Chicote también se espera este mismo comportamiento, pero con anomalía de 1 °C sobre los 100 m de profundidad (**Figura 22**).

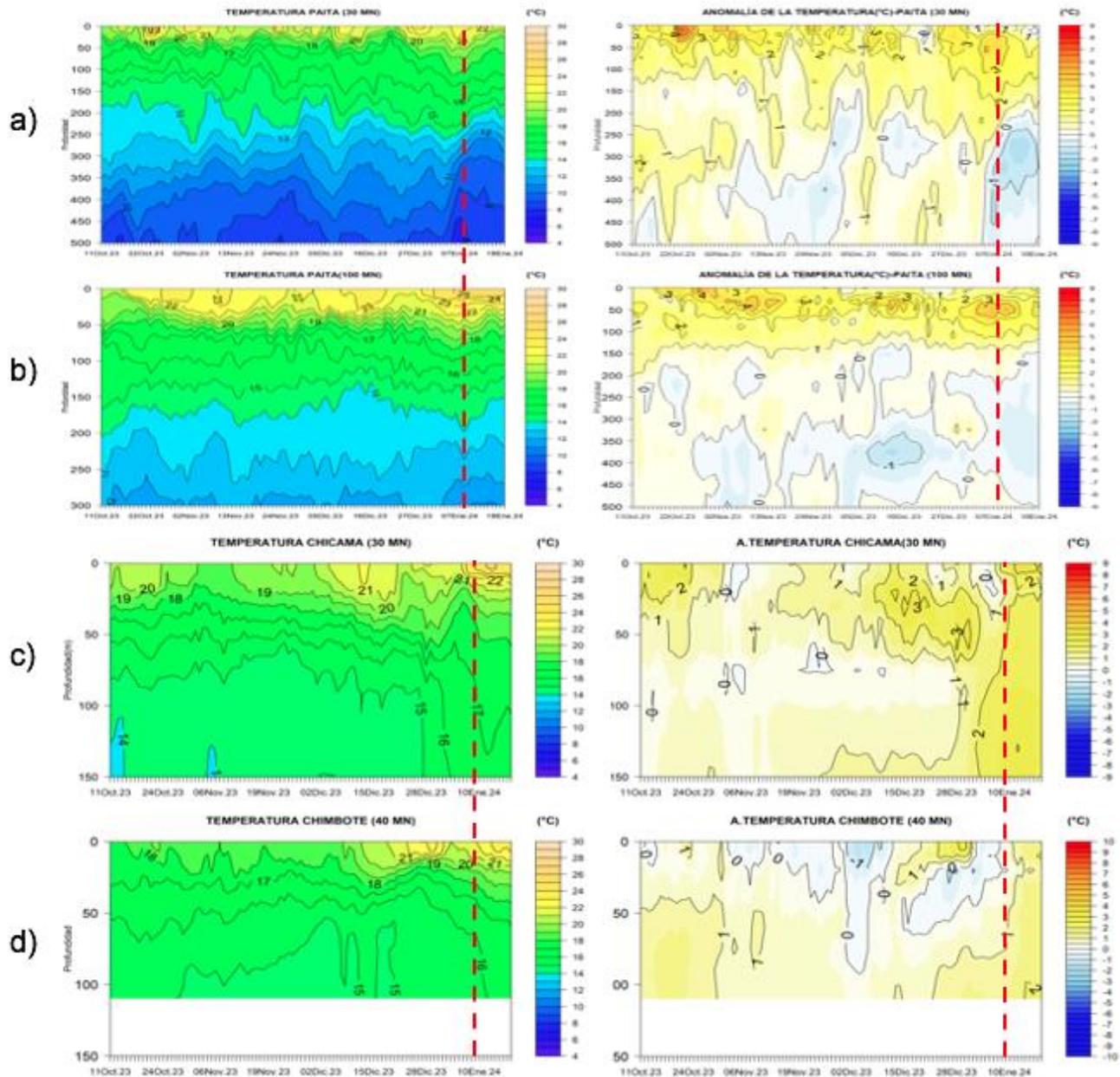


Figura 22. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30mn) y d) Chimbote (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

De acuerdo a la información de las boyas ARGO y del modelo MERCATOR, la salinidad superficial del mar (SSM) desde la última semana de diciembre 2023 viene mostrando el desplazamiento paulatino de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, $33,8 < S < 34,8$) hacia el sur, destacando su presencia a 90 mn de Punta Sal sobre los 35 m de profundidad; mientras que, por fuera de las 200 mn, estaría generando mezcla con las aguas subtropicales superficiales (ASS) al norte de Tumbes en lo que va de enero 2024 (Figura 23 y Figura 24).

En sectores costeros, el desplazamiento de las AES habría generado una amplia distribución de aguas de mezcla con las aguas costeras frías (ACF) hasta Chicama, según sugiere el modelo MERCATOR (**Figura 23**). Entre Chicama y Pucusana, desde fines de diciembre 2023, destacó el acercamiento de las ASS hacia la costa, asociado al incremento de la TSM y la disminución significativa del afloramiento costero. Hacia el sur, prevaleció el predominio de las ACF al sur de Atico, así como extensas zonas de mezcla (ASS+ACF) entre Pucusana y Atico, de acuerdo al modelo MERCATOR (**Figura 23**), condiciones que estaría relacionadas con la estacionalidad y el afloramiento de aguas frías en una estrecha franja al sur de Atico.

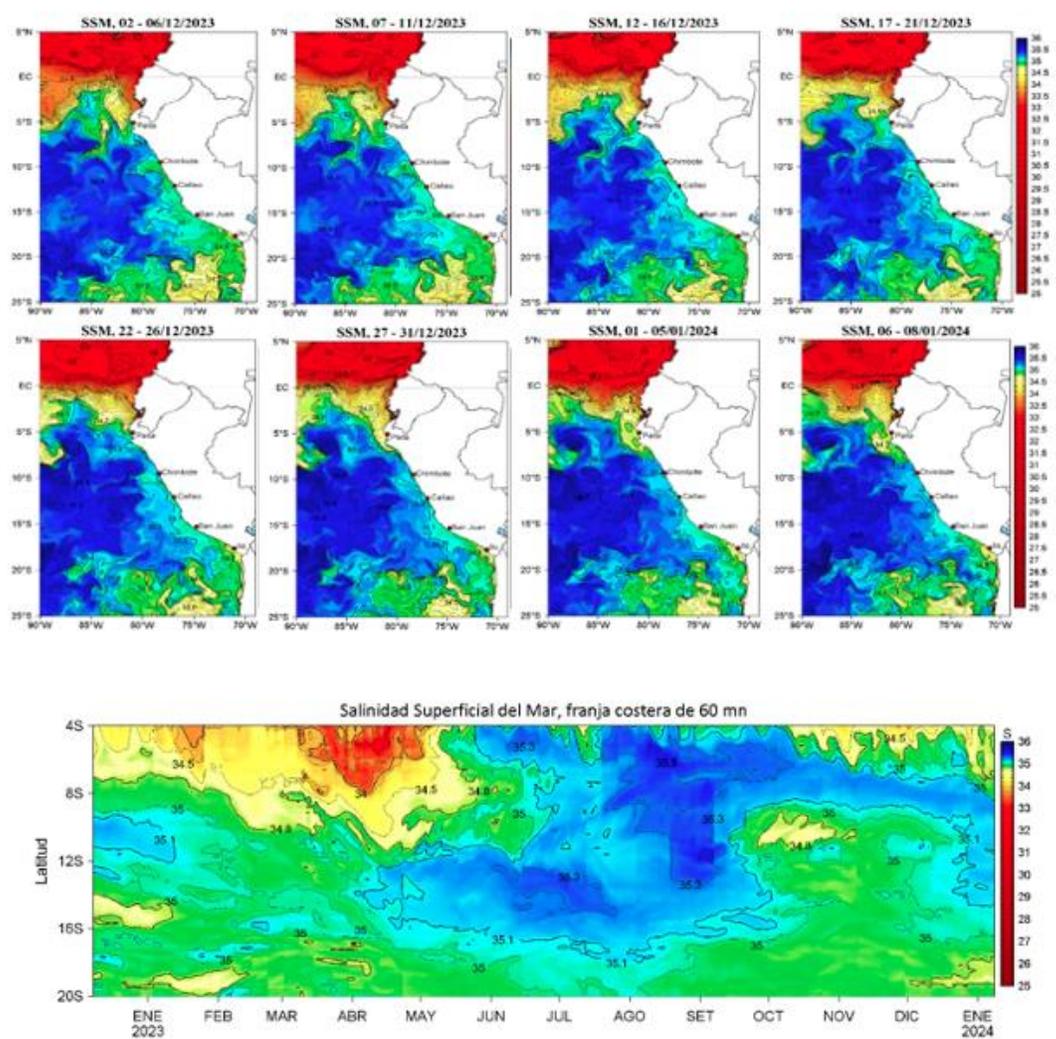


Figura 23. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 17 de noviembre y 25 de diciembre 2023. **(b)** Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 8 de enero de 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

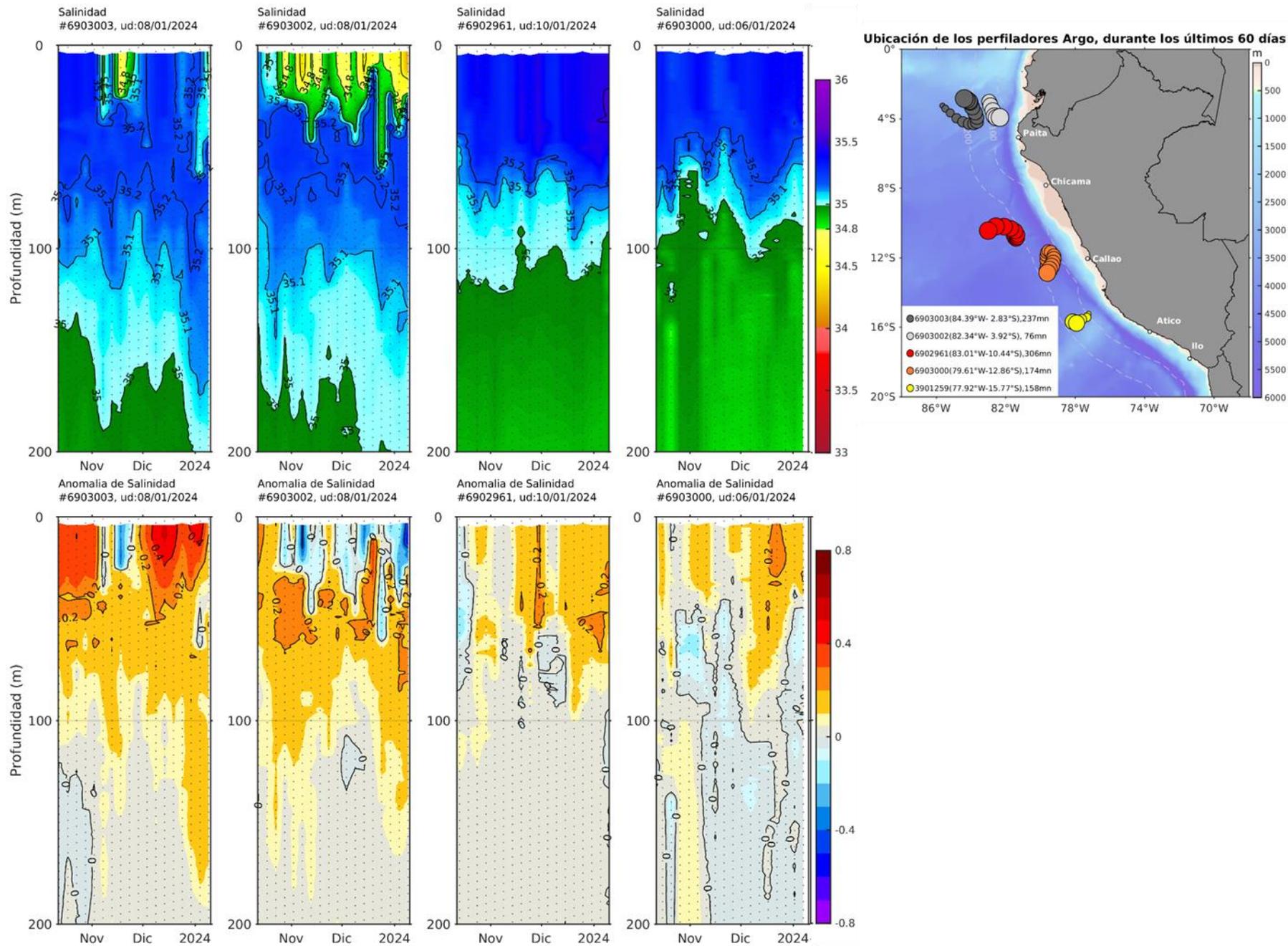


Figura 24. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, durante diciembre 2023 presentó concentraciones de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 40 mn al norte de Chimbote y de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ al sur de Callao hasta las 60 mn, las cuales fueron replegándose a la costa al sur de San Juan de Marcona. En lo que va de enero 2024, estas concentraciones han aumentado respecto a diciembre 2023, predominando valores entre 3 a $10 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 40 mn. Frente a Chicama, los valores de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ se han detectado hasta las 60 mn (**Figura 25** y **Figura 26**). En diciembre se observaron anomalías positivas al norte de Chimbote ($+4 \mu\text{g L}^{-1}$) y de Callao a Ilo ($+8 \mu\text{g L}^{-1}$) dentro de las 40-60 mn de la costa. En cambio, entre Chimbote y Huacho, dentro de las 50 mn a la costa, y frente a Chicama entre las 40 a 60 mn, predominaron anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$). En lo que va del 2024, se detectaron anomalías $>+8 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 15-30 mn a la costa, aunque frente a Chicama éstas alcanzaron las 60 mn. Entre San José y Pisco entre las 15 a 60 mn han predominado anomalías negativas de -1 a $-3 \mu\text{g L}^{-1}$ (**Figura 25**). Las anomalías negativas detectadas frente a la zona norte-centro de la costa peruana estarían asociadas al paso de la onda Kelvin cálida y su impacto en la profundidad de la termoclina; mientras que, las anomalías positivas, principalmente en Chicama, se relacionarían a la mayor radiación solar causada por la menor cobertura de nubes.

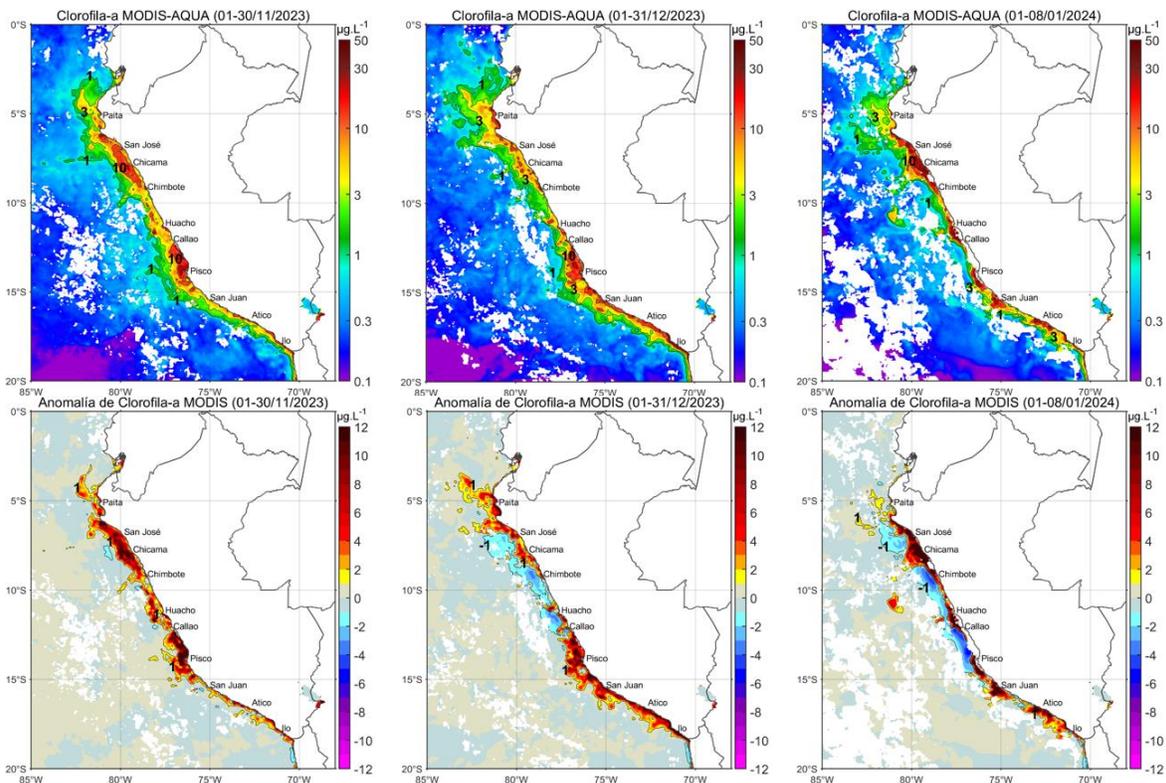


Figura 25. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante octubre, noviembre y lo que va de diciembre de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

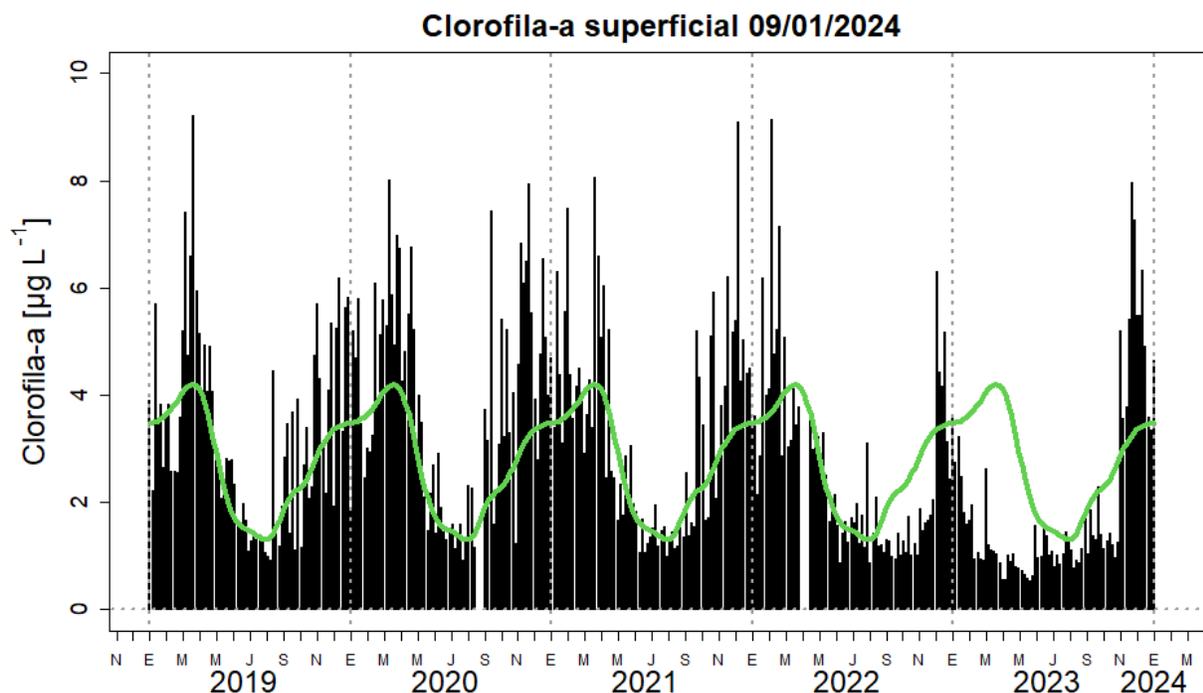


Figura 26. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, durante la Segunda Temporada de pesca de anchoveta 2023 en la región norte – centro, el recurso se distribuyó desde Pimentel ($6^{\circ}30'\text{ S}$) hasta Pisco (14° S). En diciembre y en lo que va de enero, con el repliegue de las condiciones cálidas, el recurso presentó una distribución costera dentro de las 40 mn de la costa (**Figura 27**). Las mayores capturas de anchoveta según grado latitudinal se registraron de Chancay (11° S) a Pisco (13° S) con el 73% del total y según distancia a costa, dentro de las 10 mn donde se capturó el 36%, principalmente por la flota industrial de madera y de 30 a 50 mn se capturó el 42% correspondiente a la flota industrial mayoritariamente (**Figura 28**).

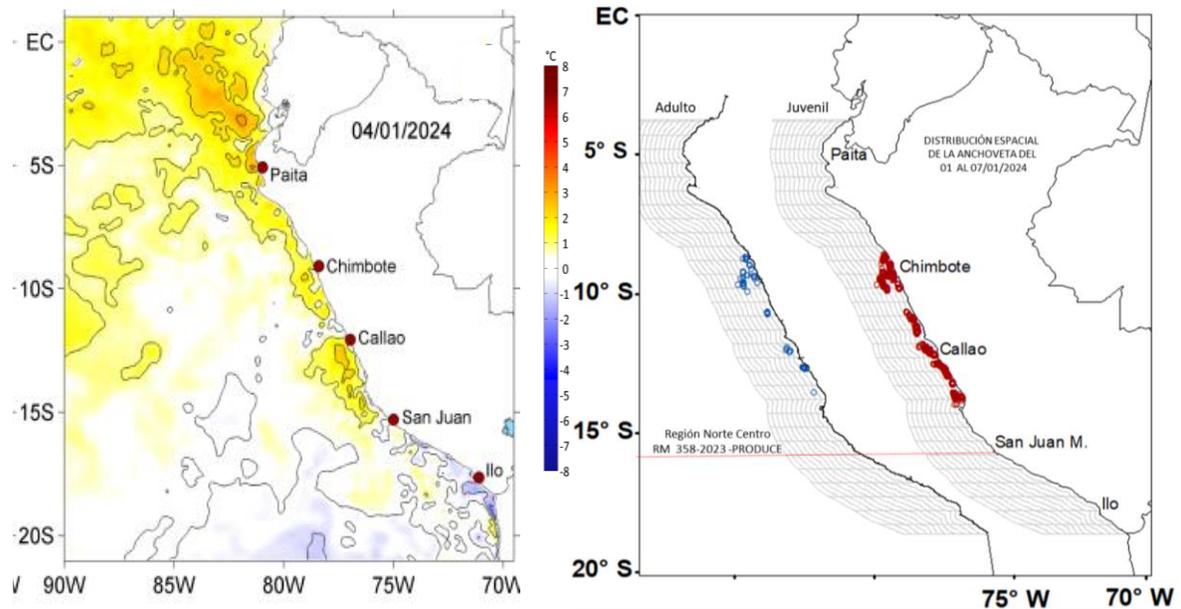


Figura 27. a) Condiciones ambientales y su relación con la b) distribución de anchoveta durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2023- Círculos azules representa a los adultos y círculos rojos representa a juveniles de anchoveta.

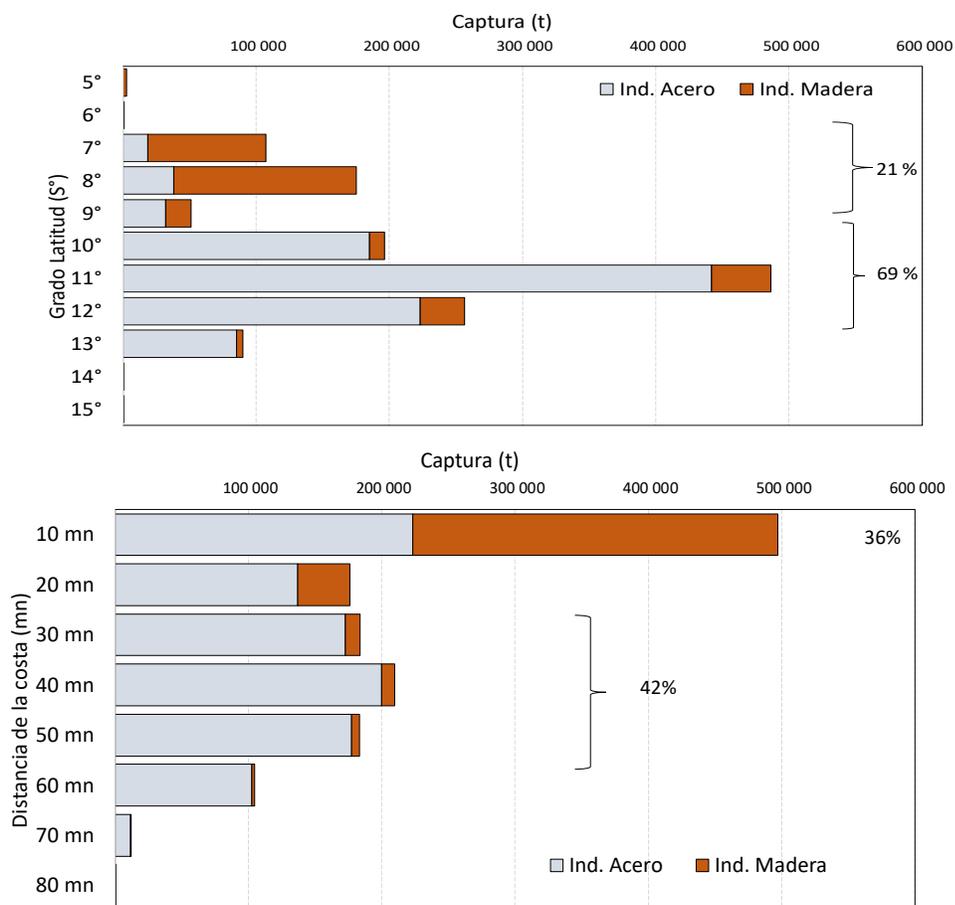


Figura 28. Captura de anchoveta según a) grado latitudinal (°S) y b) distancia a la costa (mn) durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2023.

La estructura de tallas varió de 7,0 a 16,5 cm longitud total (LT) con un porcentaje de juveniles de 43,2 %. La mayor presencia de juveniles (78 %) se registró frente a Paíta y la menor presencia, frente a San Juan de Marcona (14,9 %) (**Figura 29**). Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro, a diciembre del 2023, mostraron el incremento de los indicadores reproductivos referidos a los procesos de maduración gonadal y desove, como parte del desove secundario de verano (**Figura 30**).

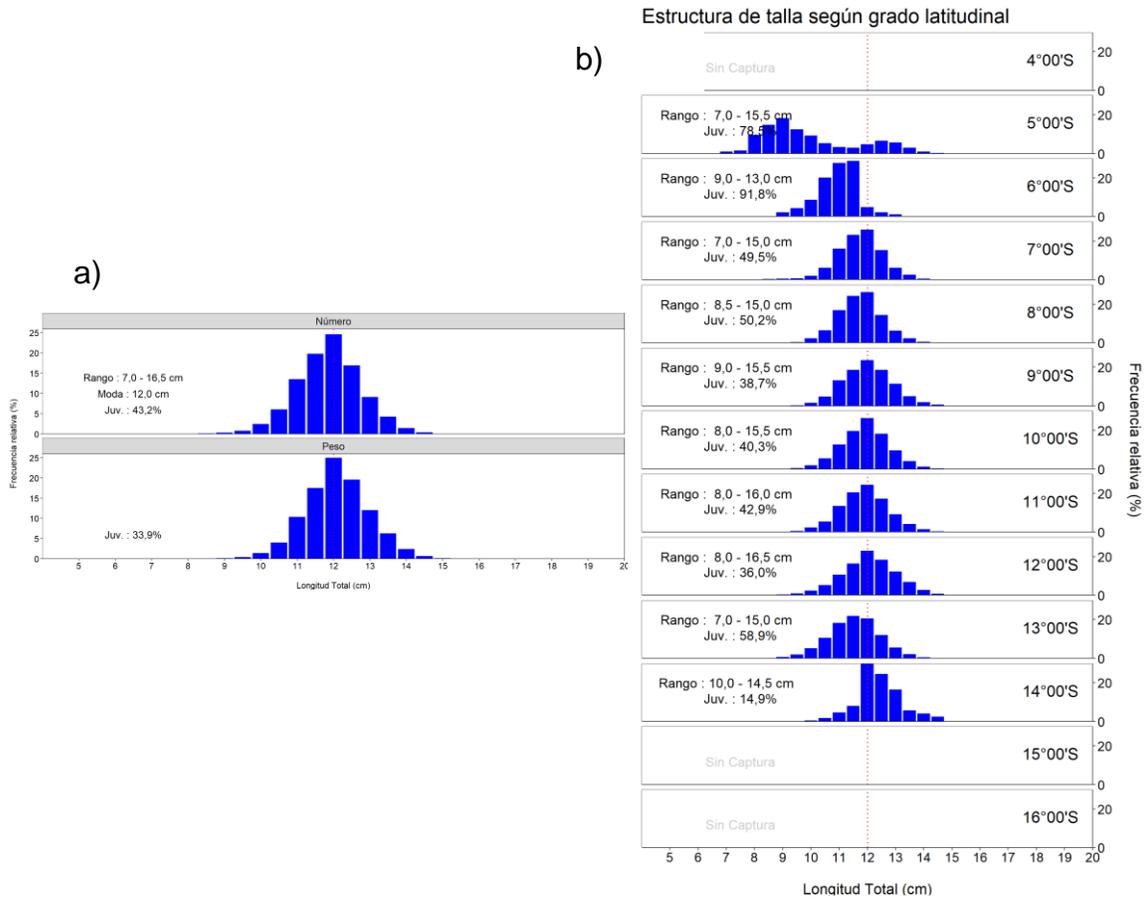


Figura 29. Estructura de tallas de anchoveta a) total y b) según grado latitudinal durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2023.

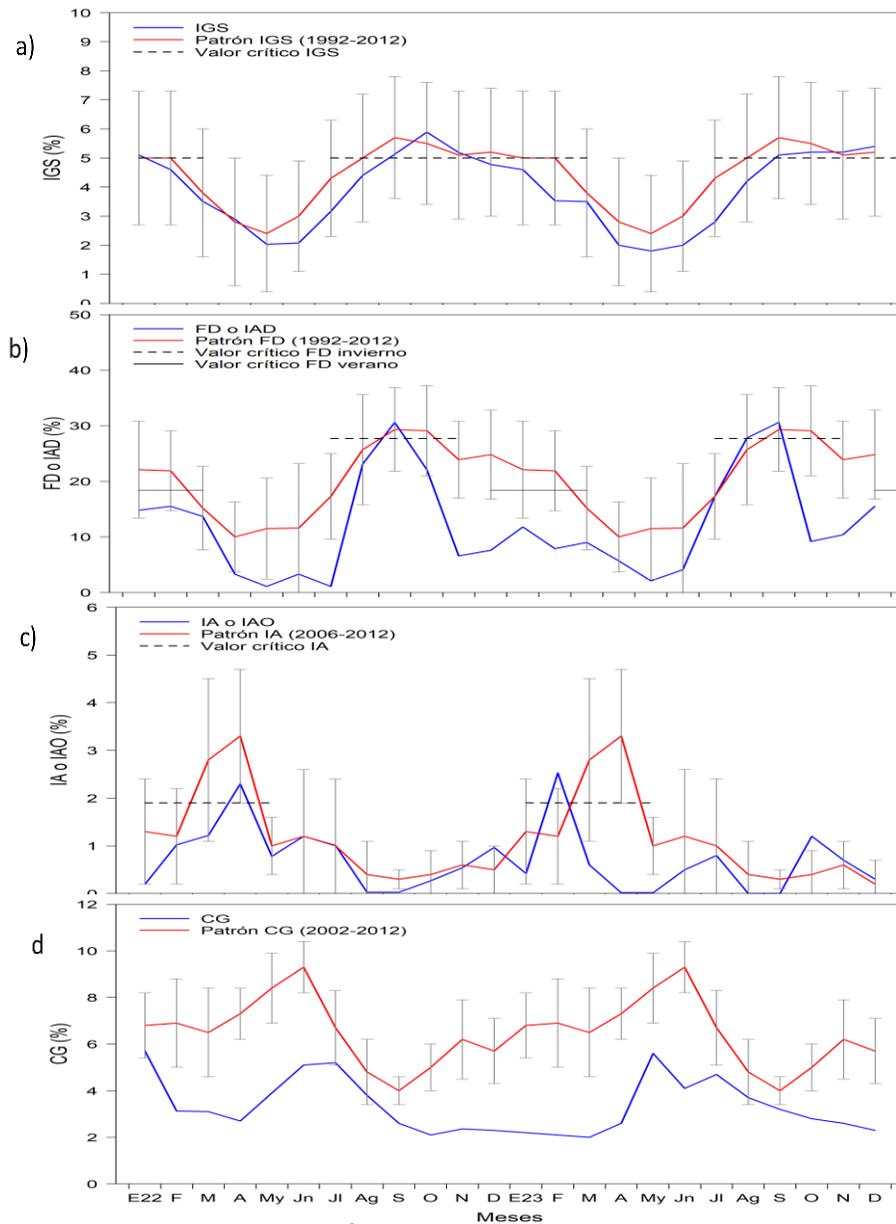


Figura 30. Indicadores reproductivos: a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de Atresia (IA) y de condición somática d) Contenido graso (CG) de anchoveta *E.ringens* de la región Norte-Centro, de enero del 2022 a diciembre del 2023.

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) se distribuyó principalmente en la región sur, hasta las 50 mn entre Atico y Mollendo. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), mantuvo su cobertura latitudinal desde Punta La Negra (Piura) hasta Morro Sama (Ilo), dentro de las 35 mn de costa. La caballa (*Scomber japonicus peruanus*), fue capturada principalmente en el sur, de San Juan de Marcona hasta Ilo, dentro de las 65 mn de la costa (**Figura 31**). En cuanto a la condición reproductiva, la caballa continuó presentando un incremento en los procesos de maduración gonadal, próxima a su periodo de mayor actividad reproductiva. Sin embargo, para el jurel los valores del IGS disminuyeron observándose una menor actividad reproductiva con valores por debajo del patrón histórico (**Figura 32**).

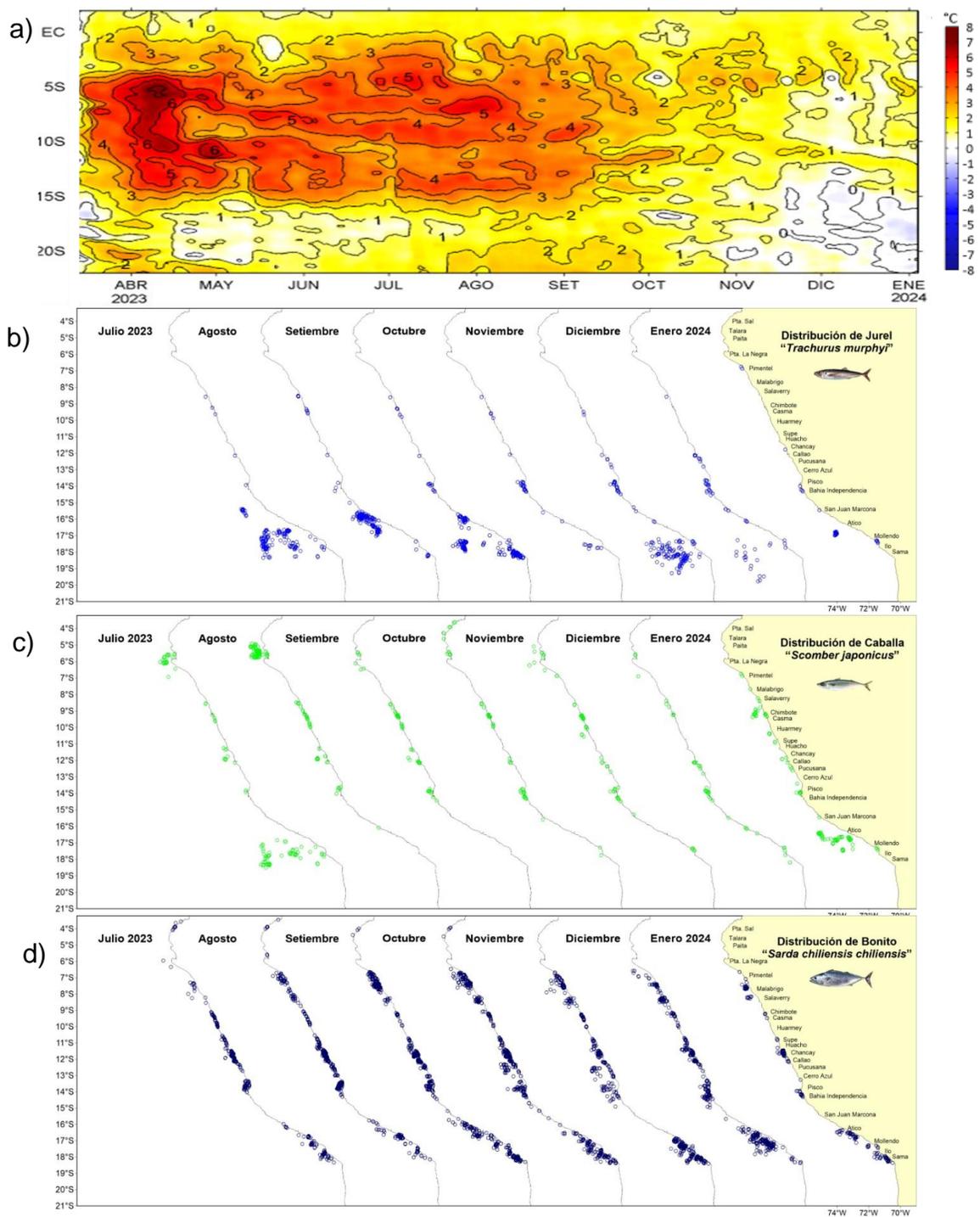


Figura 31. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) jurel, c) caballa y d) bonito durante julio 2023 – enero 2024.

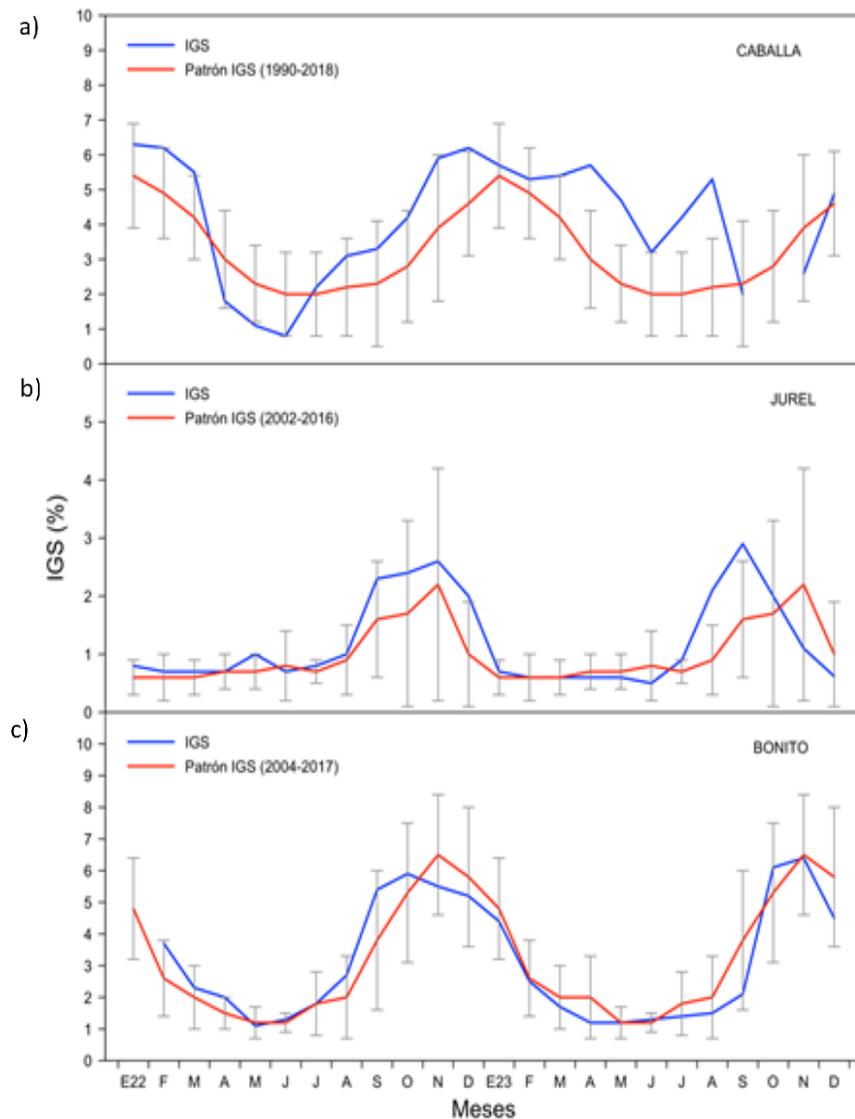


Figura 32. Índice gonadosomático de: a) caballa *S. japonicus*, b) jurel *T. murphyi* y c) bonito *S. chiliensis chiliensis* de enero del 2022 a diciembre del 2023.

El pez oceánico perico (*Coryphaena hippurus*) se distribuyó dentro de las 160 mn con un mayor acercamiento hacia la costa, como parte de su disponibilidad estacional, presentando mayor concentración en el sur entre Atico y Morro Sama; asimismo se registró zonas importantes de pesca en la región central entre Chimbote y Callao. La especie norteña sierra (*Scomberomorus sierra*) presentó una menor cobertura espacial, restringida desde el extremo norte hasta Chimbote, dentro de las 5 mn de la costa (**Figura 33**).

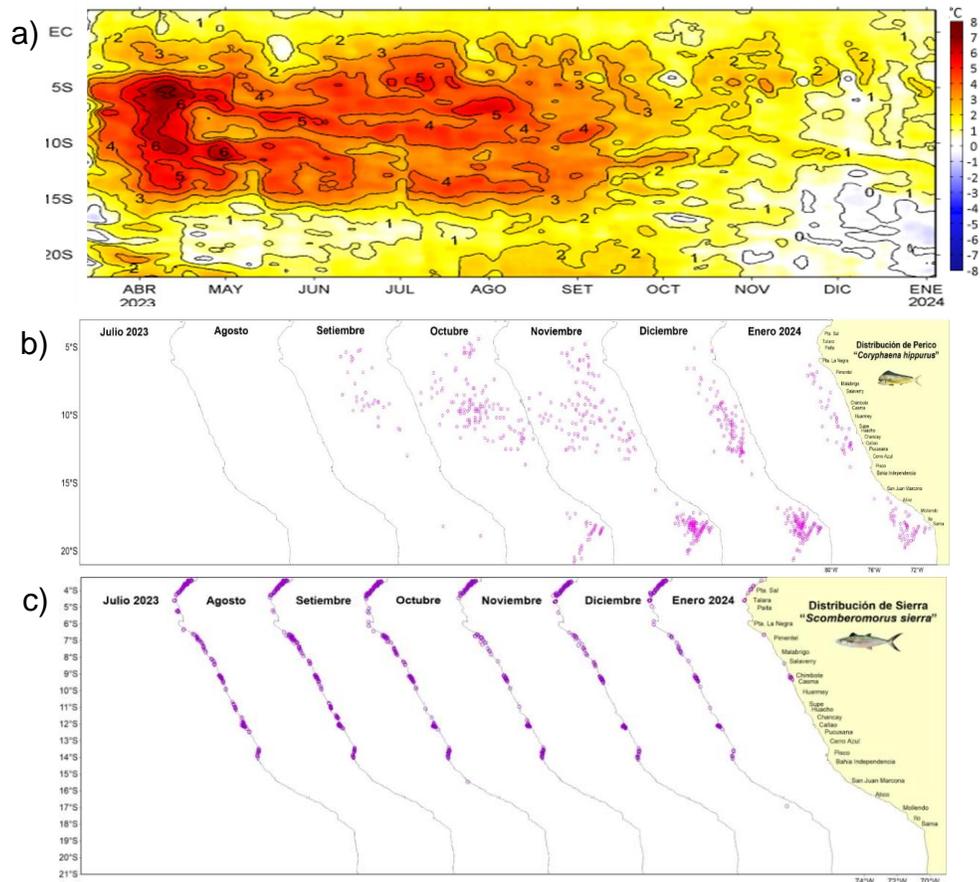


Figura 33. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) perico y c) sierra durante julio 2023 – enero 2024.

Respecto a los recursos demersales, durante la segunda quincena de diciembre del 2023 al 7 de enero, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente en el área comprendida desde Paita hasta Punta La Negra. Durante ese periodo, se observó que los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron frente a Paita, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en dichas latitudes (**Figura 34**). En general, los valores de la CPUE siguen considerándose bajos para esta pesquería, lo cual podría deberse a una profundización y cambios en la distribución del recurso, alejándose del alcance de la pesquería industrial (**Figura 35**). Por otro lado, se observó que se mantuvo la presencia de los ejemplares de menor tamaño, los cuales aún se encuentran desde el extremo norte hasta los 6° S (**Figura 36**).

Durante la segunda quincena de diciembre 2023, se observó el incremento de los desembarques de los recursos, calamar gigante, calamar común (*Doryteuthis gahi*), pulpo (*Octopus mimus*) y concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), a diferencia del recurso langostino café (*Penaeus californiensis*) que registró disminución de sus desembarques

(Figura 37). El calamar gigante se distribuyó desde extremo norte (3°30' S) hasta Punta La Negra, de 10 a 130 mn de la costa, registrando su mayor concentración frente a Punta Sal y Talara.

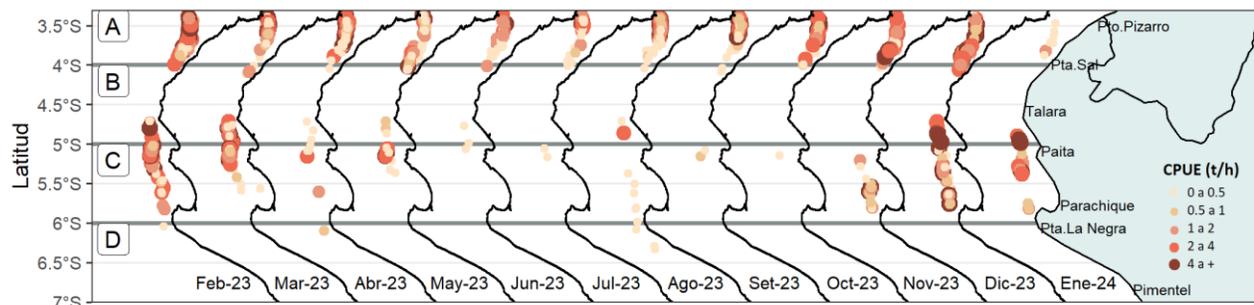


Figura 34. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en $t\ h^{-1}$) por lance de pesca entre los meses de febrero 2023 al 07 de enero de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

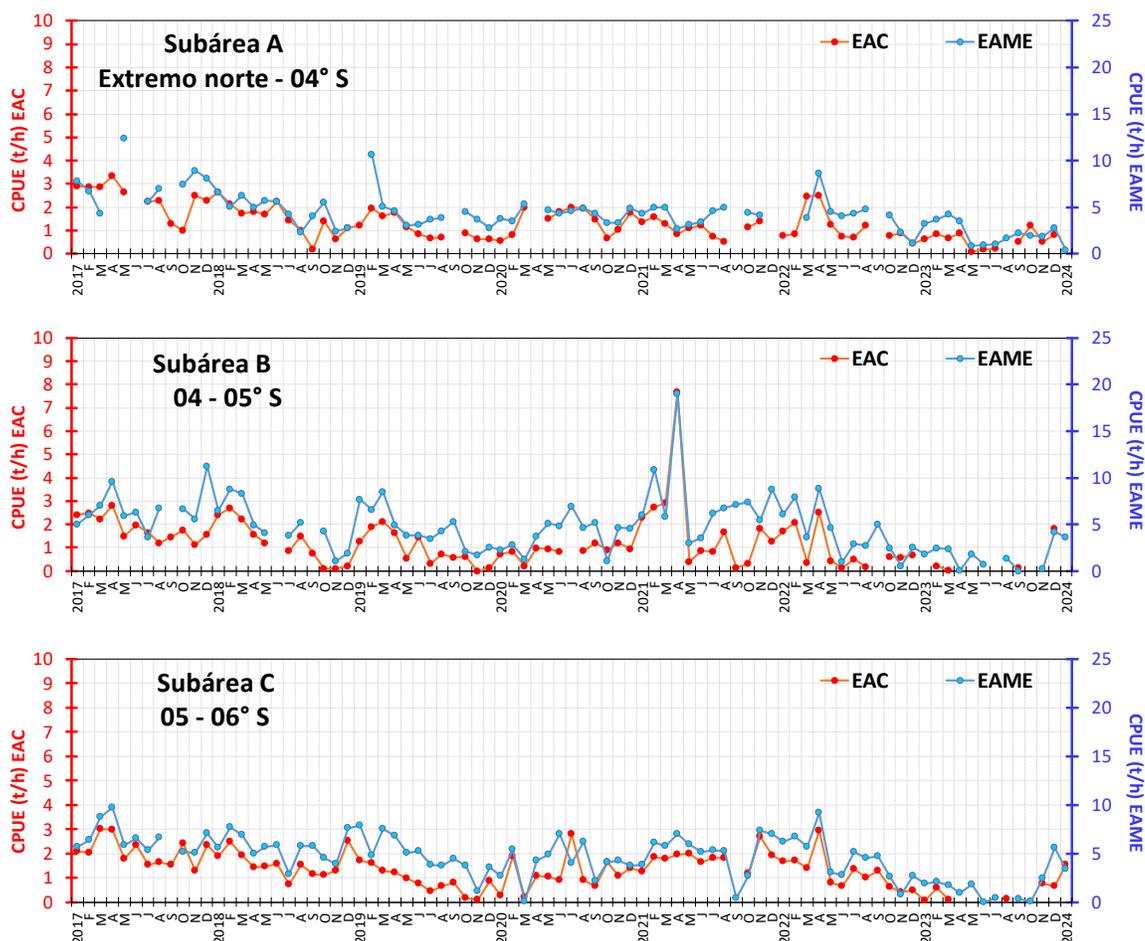


Figura 35. CPUE mensual ($t\ h^{-1}$) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

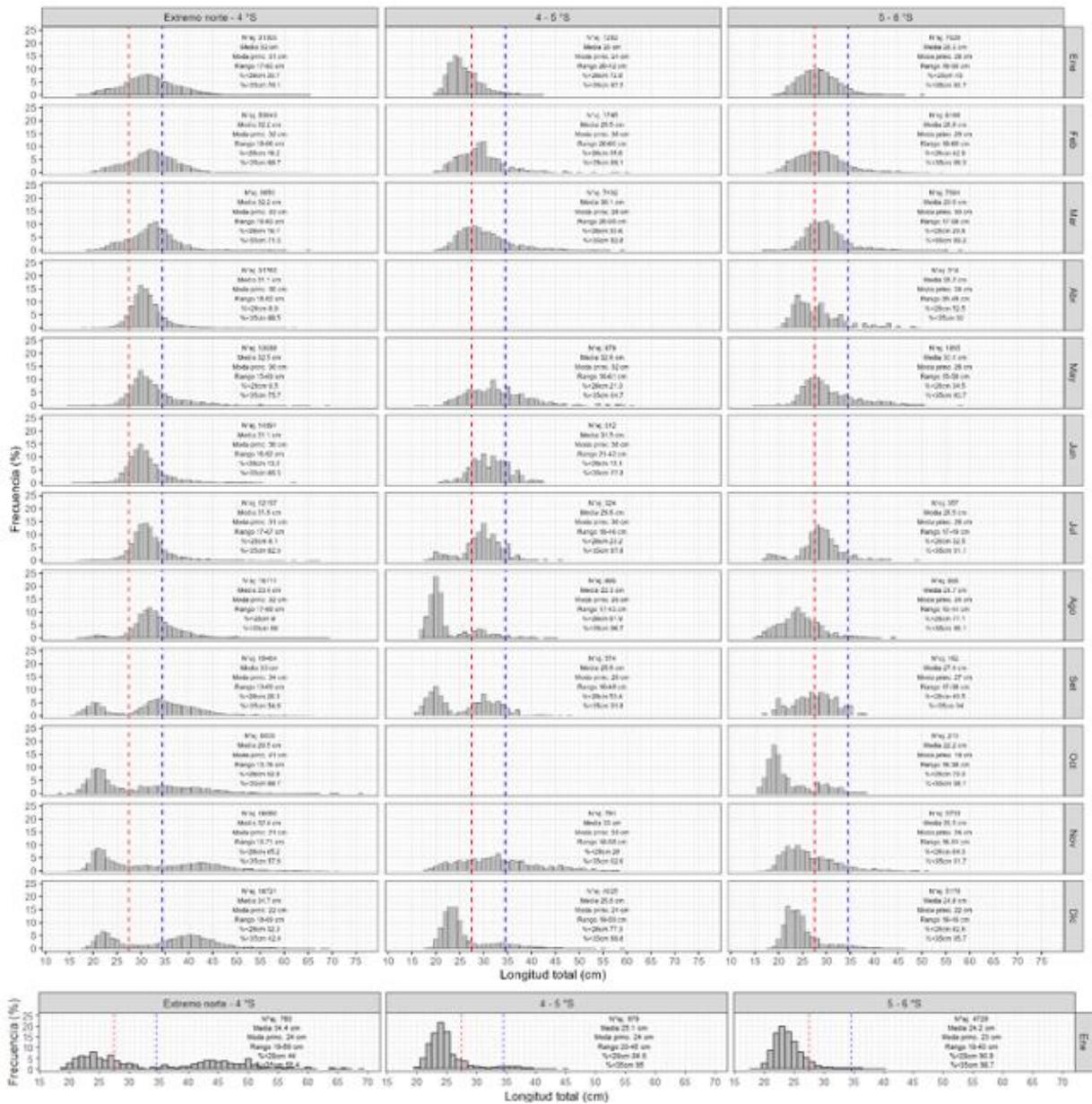


Figura 36. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero 2023 a enero (día 1 a 7) 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

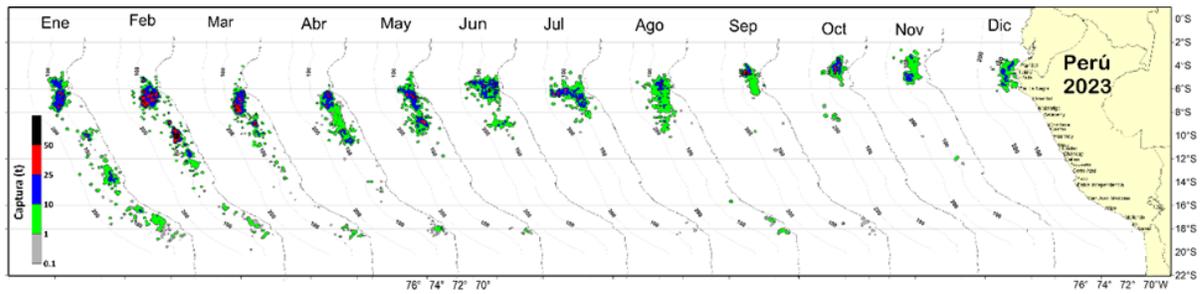


Figura 37. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero a diciembre 2023.

La abundancia de la población total de lobo fino en el año 2023 ha disminuido en 42 % con respecto al año 2022. A su vez la producción de crías en el censo de lobo fino 2023 ha disminuido con respecto al año 2022 en 73 %, el cual estaría relacionado con las condiciones cálidas anómalas que prevalecieron en 2023 (**Tabla 4**).

Tabla 4. Comparación de resultados de los censos nacionales de lobo fino *Arctocephalus australis* de 2022 y 2023

Colonias evaluadas en los dos años	2022		2023	
	Crías	Total	Crías	Total
Isla San Gallán	19	193	0	19
Península Paracas	117	652	13	167
Isla La Vieja	6	124	26	121
Punta Lomitas	2	17	0	2
Reserva Nacional San Fernando	190	1068	34	644
Punta San Juan	566	1835	243	1282
Tres Hermanas	5	125	0	319
Yanyarina	15	213	0	85
Punta Coles	361	1604	31	941
TOTAL	1296	6152	347	3580

3.4. Condiciones hidrológicas

Para los 20 últimos días de diciembre 2023, y los nueve días de enero de 2024 los principales ríos de la vertiente del pacifico, Titicaca y del Amazonas se encuentra con valores de caudales sobre lo normal, de forma muy significativa a acepción de los ríos del pacifico sur que en su mayoría vienen registrando valores de caudales dentro de lo normal, al igual que los ríos navegables (Marañón, Amazonas, Ucayali y Napo), que se encuentran en condiciones hidrológicas dentro de lo normal (**Tabla 5**).

Tabla 5. Caudales de los principales ríos del país al 27 de diciembre del 2023.

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Año (%)	Condición	Fuente
		DIC - 2023			ENE - 2024						
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	20.17	46.49	39.58	190.57	224.09	109.35	105.04	152.04	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tumbes El Tigre	22.65	49.74	41.83	190.14	252.26	152.84	118.24	276.04	Significativamente sobre lo normal	PEBPT
	Chira (ardilla)	41.55	93.05	57.14	232.45	125.33	110.12	109.94	159.08	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Chira (Puente Suallana)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	46.67	11.94	137.73	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Piura	0.40	1.00	0.00	0.17	18.60	19.67	6.64	100.00	Significativamente sobre lo normal	JUJSL
	Quiroz	13.27	39.37	23.41	79.07	47.86	33.14	39.35	123.85	Significativamente sobre lo normal	PECHP
	Motupe	0.72	1.30	0.94	1.67	1.59	1.12	1.22	83.97	Significativamente sobre lo normal	JU SHM Motupe - Clase B
	La Leche	5.80	9.43	3.48	12.81	5.85	3.67	6.84	121.80	Significativamente sobre lo normal	JUDR-LA LECHE
	Chancay Lambayeque	14.97	86.14	75.31	146.27	70.36	44.76	72.97	200.91	Significativamente sobre lo normal	PEOT
	Zaña	8.18	10.65	11.85	16.67	12.00	8.00	11.22	178.56	Significativamente sobre lo normal	JU ZAÑA
	Jequetepeque	19.93	69.66	44.50	122.09	68.63	40.95	60.96	280.46	Significativamente sobre lo normal	PEJEZA
	Chicama (Salinar)	19.01	50.87	50.33	94.30	70.91	39.07	54.08	233.59	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOC HIC
	Chicama (Tambo)	17.62	35.57	41.47	55.58	60.28	38.41	41.49	691.00	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOC HIC
	Moche	7.13	18.87	17.07	17.11	16.20	7.39	13.96	408.23	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOC HIC
Santa	246.29	387.60	400.23	485.88	529.39	314.34	393.95	172.09	Significativamente sobre lo normal	PECHAVIMOC HIC	
Pacífico Centro	Pativilca	38.10	54.30	37.35	59.87	91.02	68.19	58.14	25.53	Ligeramente sobre lo normal	STATKRAFT PERU S.A.
	Huaura	34.39	41.09	38.80	59.34	74.52	54.79	50.49	170.00	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Huaral	38.77	34.88	30.51	51.48	63.69	41.66	43.50	207.89	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Chillon	7.00	8.01	6.78	10.65	16.27	11.68	10.07	61.91	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Rimac	30.38	32.29	30.72	42.98	57.47	41.09	39.16	55.10	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Lurin	4.68	4.12	4.65	9.77	10.61	7.49	6.89	131.31	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Mala	22.92	22.32	26.50	43.82	56.02	60.33	38.65	251.41	Significativamente sobre lo normal	JUSDRA MALA
	Cañete	32.84	38.42	43.00	63.27	147.98	115.33	73.47	77.00	Significativamente sobre lo normal	JU CAÑETE
	San Juan	14.72	17.00	14.00	15.50	97.33	33.00	31.93	739.95	Significativamente sobre lo normal	JU SAN JUAN
Pisco	26.40	22.94	18.34	12.23	76.56	50.78	34.54	197.06	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Pacífico Sur	Ica	13.85	9.65	8.37	12.67	24.60	16.80	14.32	89.09	Significativamente sobre lo normal	JU LA ACHIRANA
	Acari	4.91	4.64	2.59	19.88	10.13	19.31	10.24	68.09	Significativamente sobre lo normal	JU BELLA UNIÓN
	Yauca	0.85	0.34	0.20	1.36	2.10	1.93	1.13	381.26	Significativamente sobre lo normal	JU YAUCA
	Ocoña	42.51	40.84	33.40	33.69	121.02	145.85	69.55	16.30	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Camana	25.45	26.06	20.15	28.21	53.90	58.39	35.36	7.43	Normal	SENAMHI
	Chili	7.32	6.85	6.79	7.40	5.90	5.80	6.68	-23.19	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Socabaya	0.11	0.09	0.07	0.08	0.10	0.07	0.09	-123.18	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Tambo	19.65	19.96	9.33	8.59	26.86	46.28	21.78	40.07	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Huaracane	0.34	0.68	0.46	0.39	0.30	0.36	0.42	-11.56	Normal	ANA
	Torata	1.30	1.32	1.23	1.23	1.16	1.09	1.22	8.42	Normal	ANA
	Tumilaca	0.50	0.71	0.54	0.80	0.77	0.98	0.72	28.21	Ligeramente sobre lo normal	ANA
Locumba	2.24	2.24	2.22	2.22			2.23	-0.61	Normal	PET	
Sama	1.02	1.63	1.04	1.05	1.40	4.00	1.69	69.74	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Año (%)	Condición	Fuente
		DIC - 2023			ENE - 2024						
	Caplina	0.42	0.40	0.36	0.40	0.40	0.41	0.40	-14.13	Normal	SENAMHI
Titicaca	Huancane	24.04	43.54	12.30	3.91	17.06	27.51	21.39	72.85	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Ramis	27.46	117.02	85.72	48.11	55.07	116.42	74.97	35.70	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Ilave	11.98	13.87	7.61	7.43	17.83	23.84	13.76	7.84	Normal	SENAMHI
	Coata	15.93	39.76	19.65	30.39	125.50	122.37	58.93	34.79	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Marañon	Marañon (Coral Quemado)	428.75	864.25	781.00	1454.91	1267.92	792.48	931.55	13.54	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Marañon (Cumba)	496.18	838.19	891.38	1388.03	1499.19	1043.37	1026.06	101.62	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Crisnejas (Puente)	36.32	90.71	88.14	171.43	126.00	74.76	97.89	258.40	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Crisnejas (Jesus Tunel)	2.77	6.95	12.28	19.19	12.66	8.00	10.31	59.41	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Huallaga	Sisa	7.48	5.61	11.77	127.00	20.20	23.89	32.66	40.36	Ligeramente sobre lo normal	JU HUALLAGA CENTRAL
	Huallaga (Huayabamba)	1797.52	2070.61	2043.24	2556.97	2028.21	2179.65	2112.70	118.18	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tocache	3586.31	4395.45	4356.80	3573.77	4868.00	5600.56	4396.82	84.70	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Huallaga (Tingo Maria)	767.88	890.44	826.09	785.31	1055.87	985.58	885.20	33.25	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Huallaga (Taruca)	98.76	135.70	140.21	170.63	226.22	200.40	161.99	90.57	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
Mantaro	Mantaro (Pongor)	216.60	305.75	261.65	222.41	529.30	600.06	355.96	89.90	Significativamente sobre lo normal	KALLPA GENERACIÓN
	Mantaro (La Mejorada)	164.15	212.34	182.53	171.47	378.98	342.71	242.03	94.92	Significativamente sobre lo normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Stuart)	59.00	65.54	55.61	56.36	87.86	82.99	67.89	24.89	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Chulec)	53.00	57.17	59.58	44.57	82.86	62.82	60.00	97.96	Significativamente sobre lo normal	ELECTROPERU
Pampas	Pampas	101.03	117.48	98.86	106.59	164.17	178.32	127.74	24.46	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Apurímac	Apurímac	289.62	350.51	258.07	169.81			267.00	32.28	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
Urubamba	Urubamba (Km 105)	194.94	282.76	203.18	92.54	150.65	162.18	181.04	183.19	Significativamente sobre lo normal	EGEMSA
	Paucartambo	60.86	55.26	45.43	36.11	49.92	51.85	49.91	-15.18	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Pisac	116.88	192.26	110.06	68.85	105.44	122.66	119.36	10.32	Normal	SENAMHI
Ríos Navegables	Madre de Dios	7603.52	8045.09	6842.29	7032.68	6869.97	7093.04	7247.77	-7.90	Normal	ANA
	Ucayali (msnm)	144.85	145.22	145.26	144.83	145.06	145.70	145.15	-1.19	Normal	DTAGRU
	Napo	5209.88	5702.39	7100.78	6508.54	6617.21	5715.76	6142.42	6.49	Normal	SENAMHI
	Marañon (San Regis)	19563.42	20039.53	22719.43	23645.88	24588.85	24436.74	22498.97	22.47	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Amazonas (Tanshiyacu)	28981.13	29842.79	32651.59	34365.96	35522.48	35435.26	32799.87	3.72	Normal	SENAMHI

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

Los principales embalses del país, al 09/01/2024 se encuentran al 54,0 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses por su gran mayoría han incrementado en su mayoría han incrementado sus volúmenes almacenados, a excepción de las ubicadas en la región de Tacna (Aricota, Jarumas y Paucarani) que siguen con la tendencia descendente (**Tabla 6**).

Tabla 6. Estado situacional de los reservorios al 27 de diciembre del 2023

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	9-Ene	Piura	445.5	286.1	64.2
	San Lorenzo	9-Ene	Piura	195.6	94.1	48.1
	Tinajones	9-Ene	Lambayeque	331.6	265.5	80.1
	Gallito Ciego	9-Ene	La Libertad	366.1	282.1	77.1
	SUB TOTAL			1338.7	927.8	69.3
Costa - Centro	Viconga	9-Ene	Lima	30.0	6.0	20.0
	Sistema Rímac	15-Dic	Lima, Junin	282.4	155.5	55.1
	Choclococha	9-Ene	Ica	131.1	38.0	29.0
	Ccaracocha	9-Ene	Ica	40.0	18.3	45.8
	SUB TOTAL			483.5	217.8	45.0
Costa - Sur	Condorama	9-Ene	Arequipa	259.0	97.4	37.6
	El Pañe	9-Ene	Arequipa	99.6	43.7	43.9
	Dique Los Españoles	9-Ene	Arequipa	9.1	5.8	63.8
	Pillones	9-Ene	Arequipa	78.5	12.2	15.5
	El Frayle	9-Ene	Arequipa	127.2	51.2	40.2
	Aguada Blanca	9-Ene	Arequipa	30.4	16.9	55.5
	Chalhuanca	9-Ene	Arequipa	25.0	14.2	56.8
	Bamputañe	9-Ene	Arequipa	40.0	7.4	18.5
	Pasto Grande	9-Ene	Moquegua	200.0	116.2	58.1
	Paucarani	9-Ene	Tacna	10.5	2.6	24.8
	Laguna Aricota	9-Ene	Tacna	280.0	180.0	64.3
	Jarumas	9-Ene	Tacna	13.0	10.3	79.2
	SUB TOTAL			1172.4	557.9	47.6
Sierra - Centro	Cuchoquesera	9-Ene	Ayacucho	80.0	32.7	40.9
	Lago Junin	9-Ene	Junin	314.7	28.3	6.7
	SUB TOTAL			394.7	61.0	15.5
Sierra - Sur	Lagunillas	9-Ene	Puno	585.1	392.0	67.0
	Sibinacocha	9-Ene	Cusco	110.0	47.40	43.1
	SUB TOTAL			695.1	439.4	63.2
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	2,203.8	54.0

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos

Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En los valles de Chulucanas y San Lorenzo (Piura), las temperaturas del aire de normales a ligeramente cálidas continuaron favorables para la maduración y cosecha del mango; asimismo, en Lambayeque, dichas condiciones térmicas promovieron el avance de la fase de fructificación. Con relación a la campaña arrocera en los valles Chancay-Lambayeque y Jequetepeque, las condiciones diurnas entre normales y ligeramente cálidas vienen siendo favorables para el avance de las fases vegetativas del cultivo en almácigo y campo definitivo. En la costa sur La Yarada (Tacna), en aquellas plantaciones del olivo que lograron fructificación, las temperaturas del aire reportadas en torno a sus normales, continuaron favorables para el desarrollo y crecimiento de los frutos (**Figura 38**).

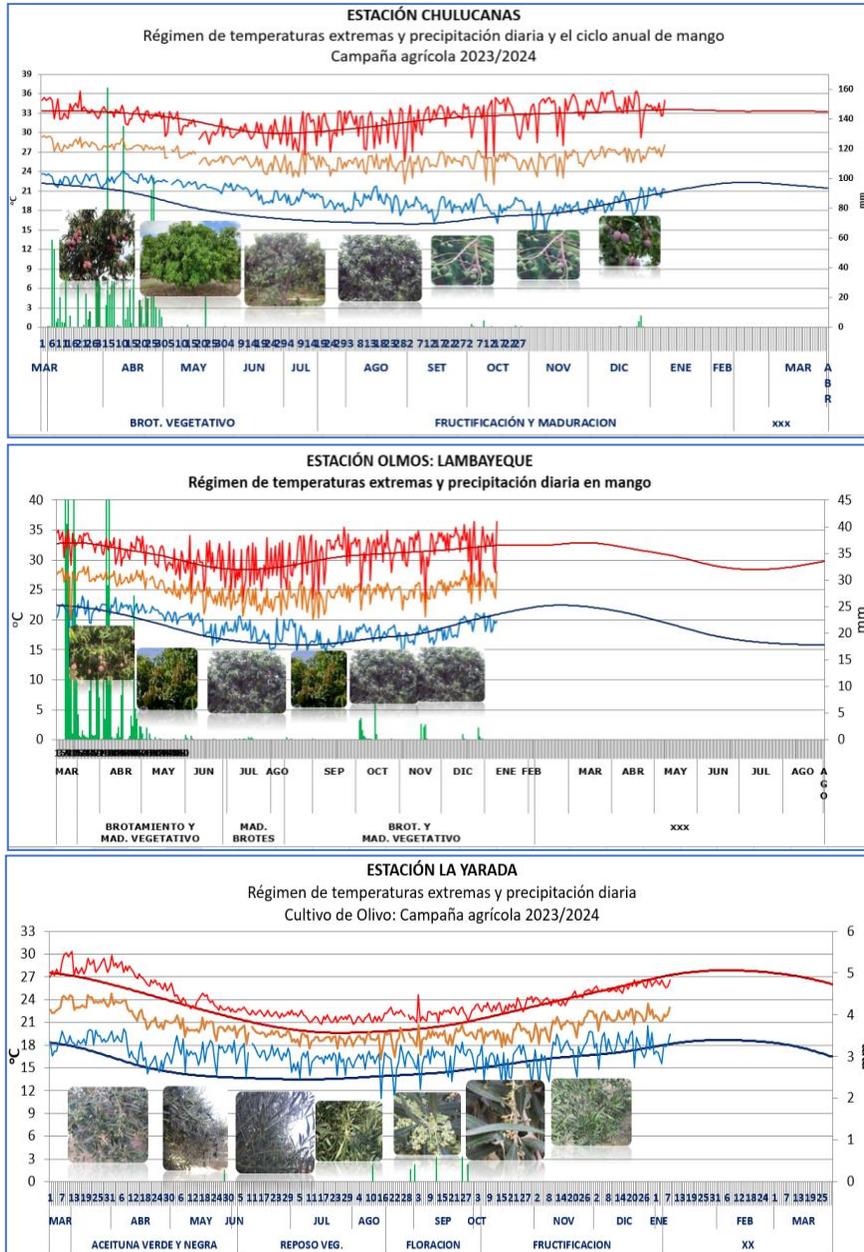


Figura 38. Monitoreo agrometeorológico del mango y olivo campañas agrícolas 2023/2024 en las estaciones de Jayanca, Chulucanas y La Yarada. Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5–NEMO, NASA–GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4,) con condiciones iniciales de enero de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4) indican, en promedio, la condición cálida moderada para febrero de 2024, la condición cálida débil para marzo y para abril y mayo, condiciones neutras. Finalmente, de junio a noviembre se esperarían condiciones de frías débiles a frías fuertes (**Tabla 7**).

Tabla 7. 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	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	0.99	0.49	0.03	-0.31	-0.55	-0.69	-0.80	-0.95	----	----
CanCM4i	1.77	1.57	1.13	0.49	-0.25	-0.90	-1.38	-1.63	-1.72	-1.76
GEM5_NEMO	0.96	0.20	-0.49	-0.98	-1.27	-1.41	-1.41	-1.37	-1.32	-1.25
NASA	1.21	0.45	-0.28	-0.68	-0.96	-1.23	-1.52	----	----	----
GFDL_SPEARE	1.53	1.20	0.77	0.28	-0.17	-0.41	-0.46	-0.45	-0.54	-0.68
COLA-CCSM4	1.08	0.53	-0.02	-0.60	-1.15	-1.65	-2.01	-2.23	-2.34	-2.38
Promedio										
NMME	1.26	0.74	0.19	-0.30	-0.73	-1.05	-1.26	-1.33	-1.48	-1.52

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, las condiciones neutras entre los meses de febrero y noviembre, se esperaría anomalías negativas desde el mes de marzo (**Tabla 8**).

Tabla 8. 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	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	0.13	-0.36	-1.07	-1.64	-1.76	-1.41	-1.01	-0.72	----	----
CanCM4i	0.95	0.85	0.82	0.69	0.43	0.02	-0.28	-0.39	-0.38	-0.36
GEM5_NEMO	0.38	0.00	-0.31	-0.62	-0.85	-0.99	-0.93	-0.79	-0.66	-0.54
NASA	-0.06	-0.66	-0.92	-0.81	-0.76	-0.83	-0.92	----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.35	-0.01	-0.24	-0.46	-0.55	-0.70	-0.76	-0.69	-0.53	-0.38
COLA_CCSM4	0.43	0.06	-0.48	-1.02	-1.56	-1.87	-1.94	-1.75	-1.61	-1.58
Promedio										
NMME	0.36	-0.02	-0.37	-0.64	-0.84	-0.96	-0.97	-0.87	-0.80	-0.72

Analizando las proyecciones basados en la información de altimetría satelital (**Figura 39c**) y profundidad de termoclina (**Figura 39b**), se espera la llegada a la costa peruana de dos ondas de Kelvin cálidas para febrero, aunque es muy probable que arriben con una intensidad menor a la observada actualmente. A la fecha, en el nivel del mar no se ve claramente su magnitud, aunque su forzante fue de menor magnitud a la observada a mediados de diciembre. La magnitud de la onda Kelvin cálida en la termoclina es similar a la que acaba de arribar, aunque su amplitud es menor. Luego de estas ondas cálidas, se esperaría principalmente el arribo de ondas de Kelvin frías. En los últimos días se viene desarrollando un pulso de viento del oeste en el Pacífico central que posiblemente se proyecte en una onda de Kelvin cálida, aunque no se espera que su magnitud sea comparable a las ondas Kelvin frías mencionadas.

Cabe indicar que el pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (**Figura 39**) como de NCEP (**Figura 40**), y luego con vientos igual a cero—continúan pronosticando principalmente la presencia de ondas de Kelvin cálidas que arribarían a la costa peruana durante enero y febrero. Luego de este periodo de ondas Kelvin cálidas, se espera la presencia de ondas de Kelvin frías. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (**Figura 41**), también se observan ondas de Kelvin cálidas a lo largo de la costa peruana, pero hasta marzo.

Según la simulación del modelo de ondas aplicado en el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 06 de enero 2024 y pronosticada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos igual a cero, se espera que, entre enero y marzo 2024 se ocurra el arribo a las costas Sudamericanas de tres ondas Kelvin cálidas y dos ondas Kelvin frías. Durante enero, se espera la llegada de la onda Kelvin cálida (modo 2) generada por las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental-central en noviembre. Asimismo, dos ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2), generadas por anomalías de vientos del oeste en diciembre, aunque debilitadas por las recientes anomalías de vientos del este a inicios de enero en el Pacífico ecuatorial central, llegarían al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre enero y febrero 2024 (modo 1) y entre febrero y marzo 2024 (modo 2). Por otro lado, una onda Kelvin fría (modo 1), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental en diciembre 2023, llegará al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en febrero 2024. Además, la onda Kelvin fría (modo 2), generada entre noviembre y diciembre en el Pacífico ecuatorial occidental, continúa su propagación hacia el este y llegará al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en marzo 2024 (**Figura 42**).

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. Por otro lado, es probable que el APS mantenga, en promedio, una intensidad superior y normal en los siguientes meses (Figura 43), favoreciendo el enfriamiento superficial, tanto por mezcla como por advección de las aguas frías del sur hacia la región norte-centro del mar peruano. En consecuencia, las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 se mantendrían debilitadas, principalmente a consecuencia del efecto de las ondas Kelvin frías y la actividad intensificada de los vientos del sudeste.

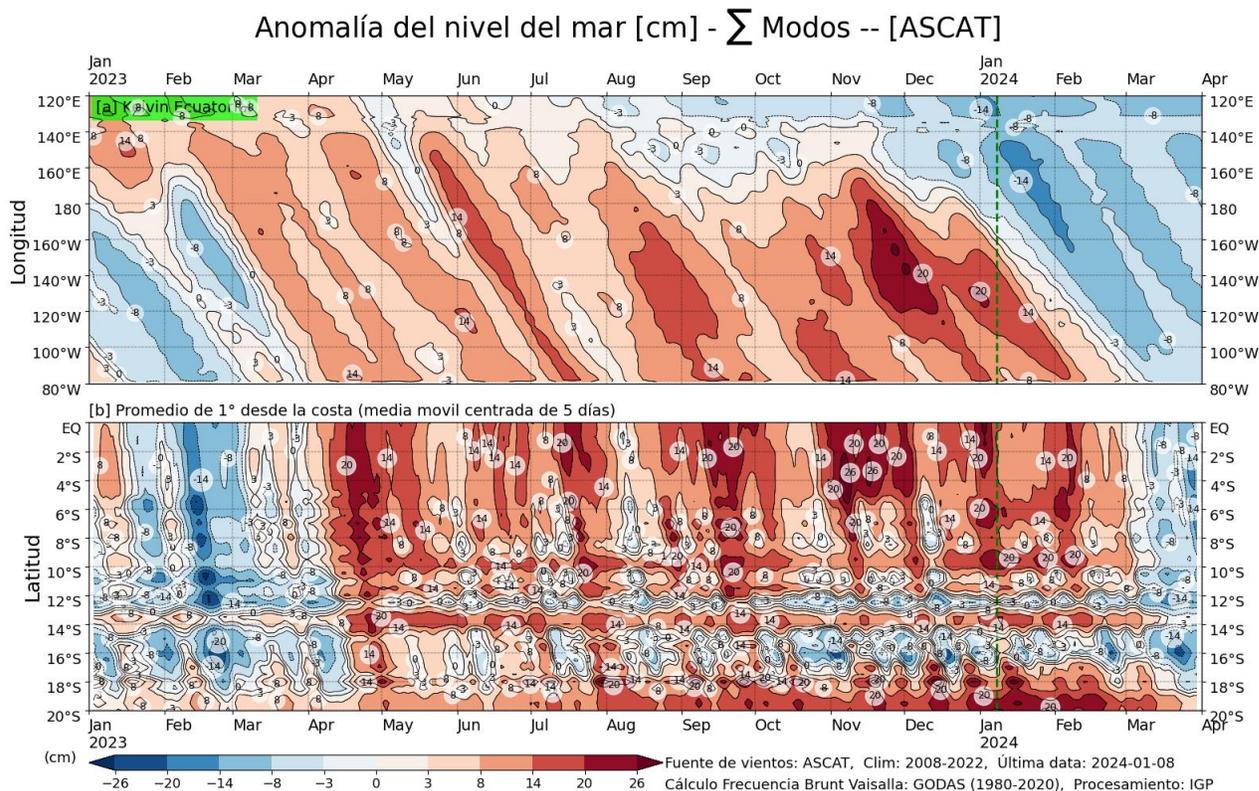


Figura 39. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

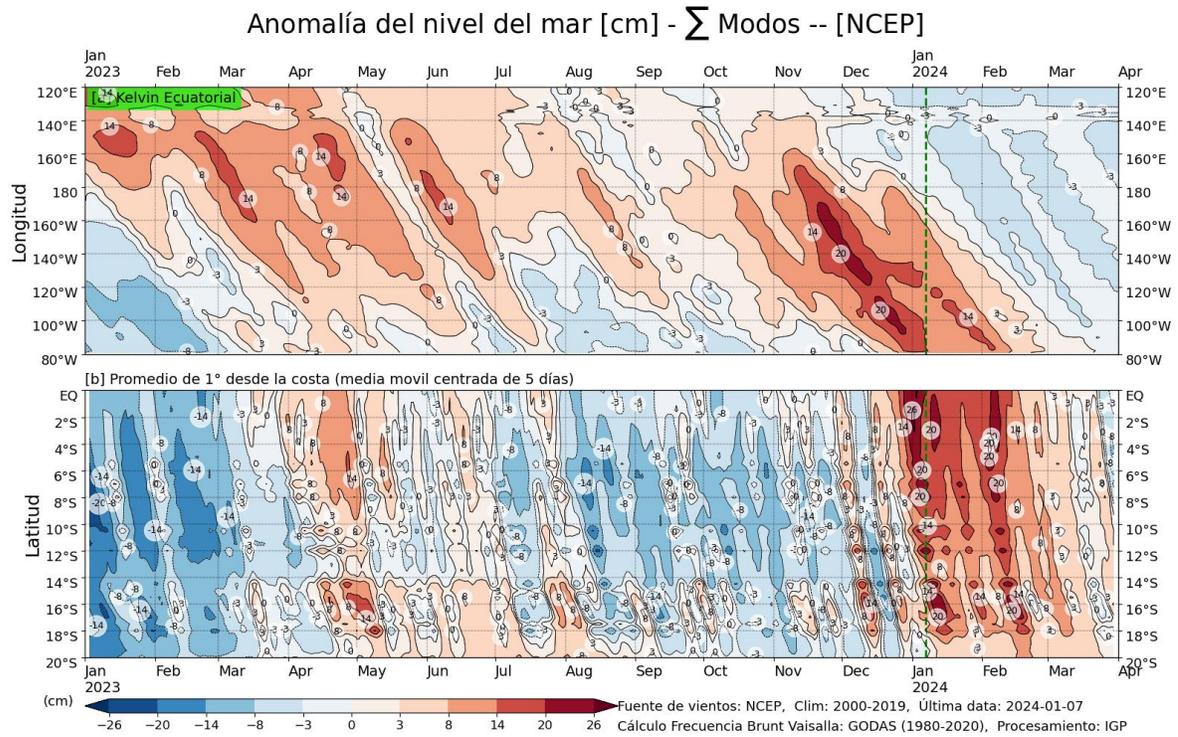


Figura 40. Igual que la Figura 45 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

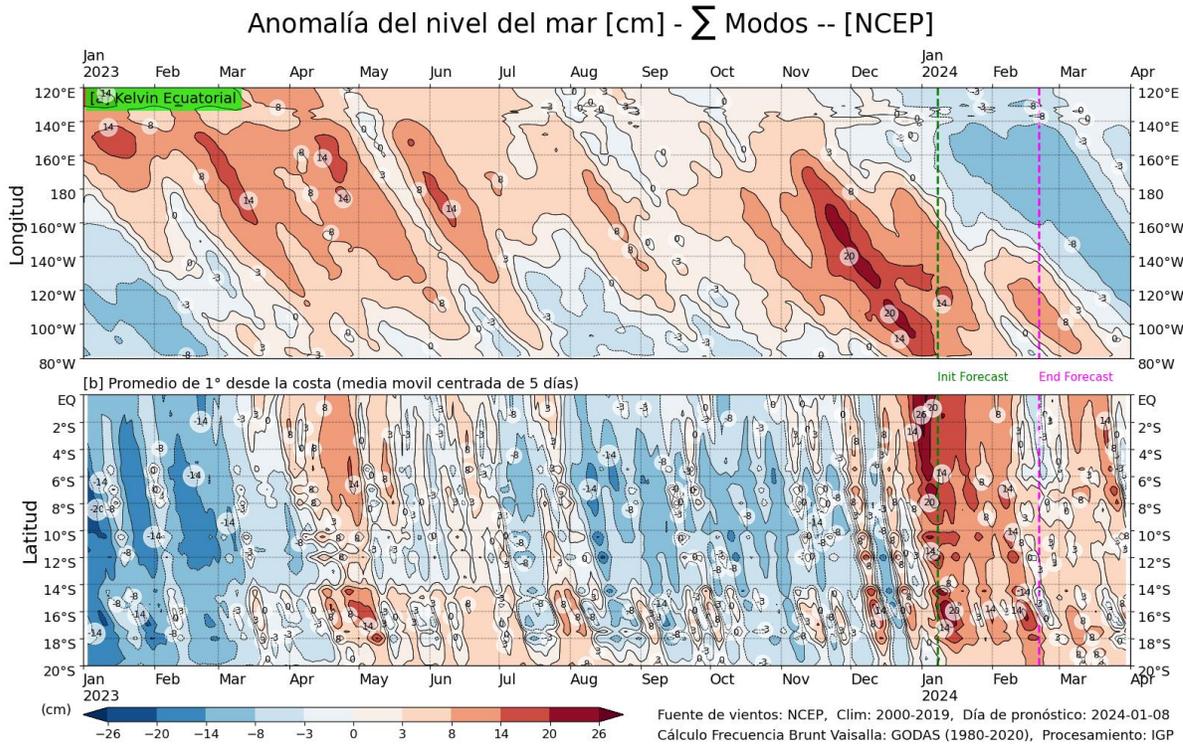


Figura 41. Igual que la Figura 46, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

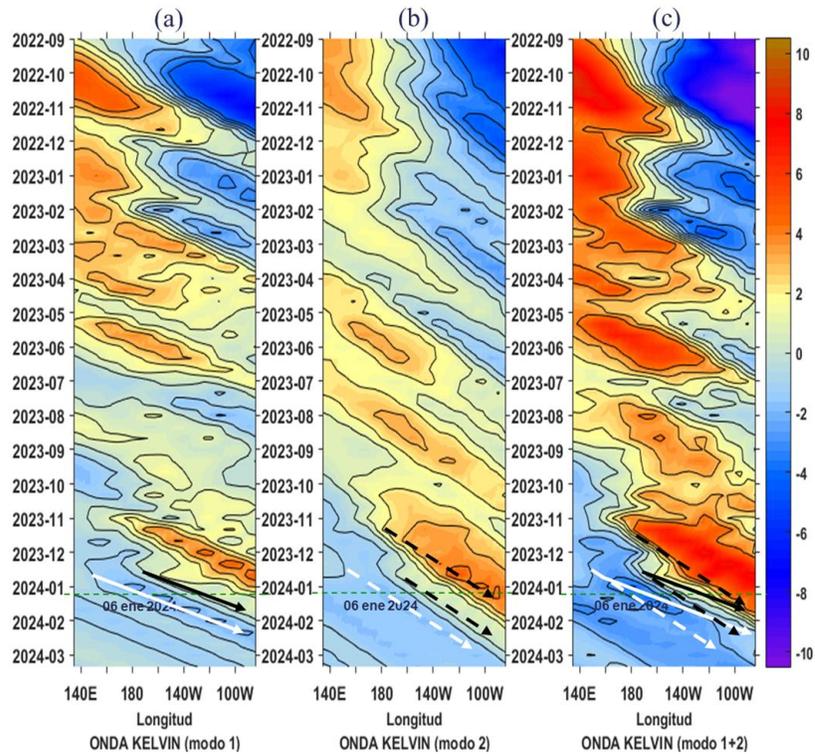


Figura 42. Diagrama Hovmöller longitudin-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

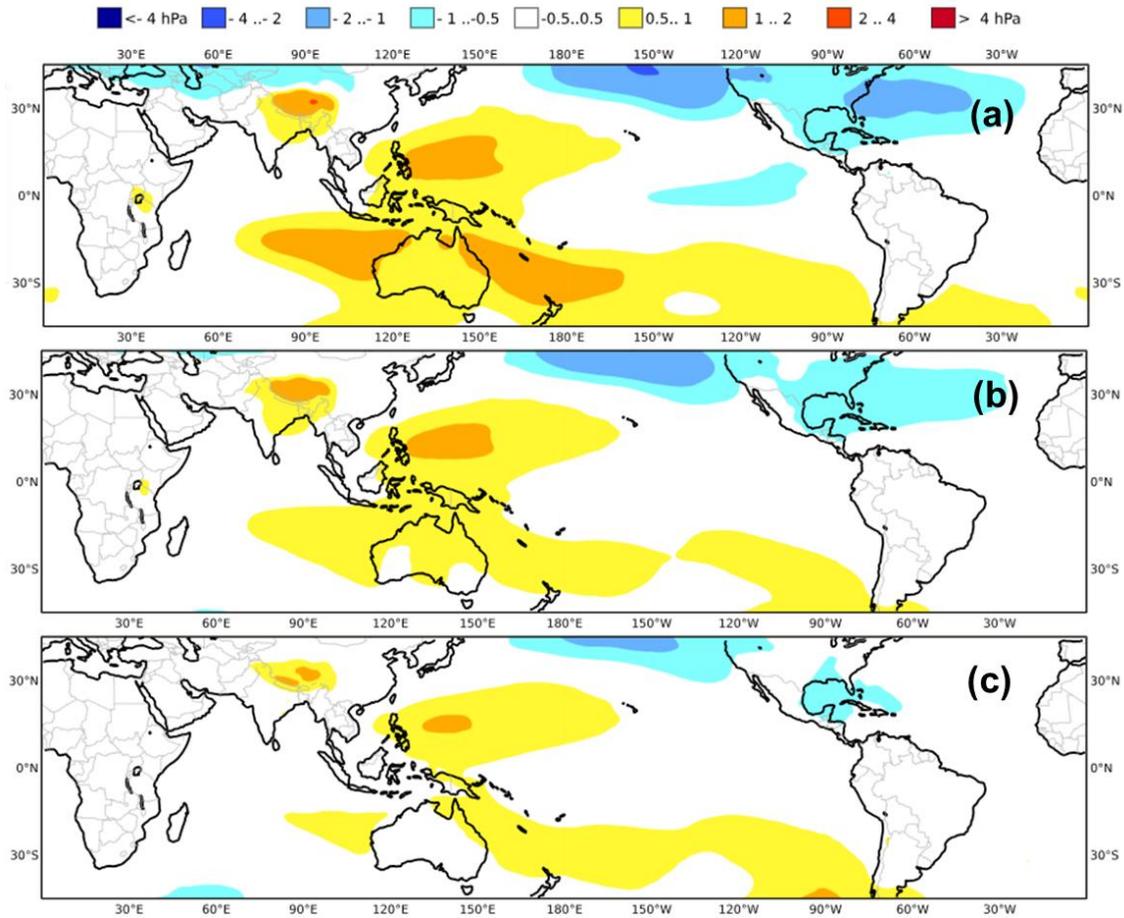


Figura 43. Pronóstico estacional del campo del promedio de ensambles de las anomalías de la presión atmosférica al nivel del mar para los trimestres (a) Enero-Febrero-Marzo (EFM), (b) Febrero-Marzo-Abril (FMA) y (c) Marzo-Abril-Mayo (MAM) 2024 del C3S Multi-system seasonal forecast (ECMWF/Met Office/Météo-France/CMCC/DWD/NCEP/JMA/ECCC). El pronóstico inicia en: 01/12/2023. Copernicus Climate Change Service.

En conformidad a lo expuesto, considerando el análisis de los datos observados, los resultados de los modelos de pronóstico y el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se esperaría para el Pacífico central, mayor probabilidad de la condición cálida fuerte, hasta enero de 2024, y para el mes de febrero sería la condición cálida moderada (Tabla 9 y Figura 49).

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre enero y junio 2024.

Pacífico central	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	1
Fría moderada	0	0	0	0	5	9
Fría débil	0	0	1	10	19	23
Neutro	0	1	28	39	48	55
Cálida débil	0	20	37	35	26	11
Cálida moderado	28	48	27	16	2	1
Cálida fuerte	60	31	7	0	0	0
Cálida muy fuerte	12	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se espera una mayor probabilidad de la condición cálida débil para enero y febrero de 2024, mientras que el mes de marzo sería de transición entre condiciones cálidas (53%) y neutras a frías (47%) (**Tabla 10** y **Figura 43**).

Tabla 10. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre enero y junio 2024.

Pacífico oriental	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	1	4
Fría moderada	0	0	0	1	9	10
Fría débil	0	0	5	8	21	22
Neutro	3	23	42	58	51	48
Cálida débil	49	51	34	29	17	16
Cálida moderado	45	25	17	4	1	0
Cálida fuerte	3	1	2	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

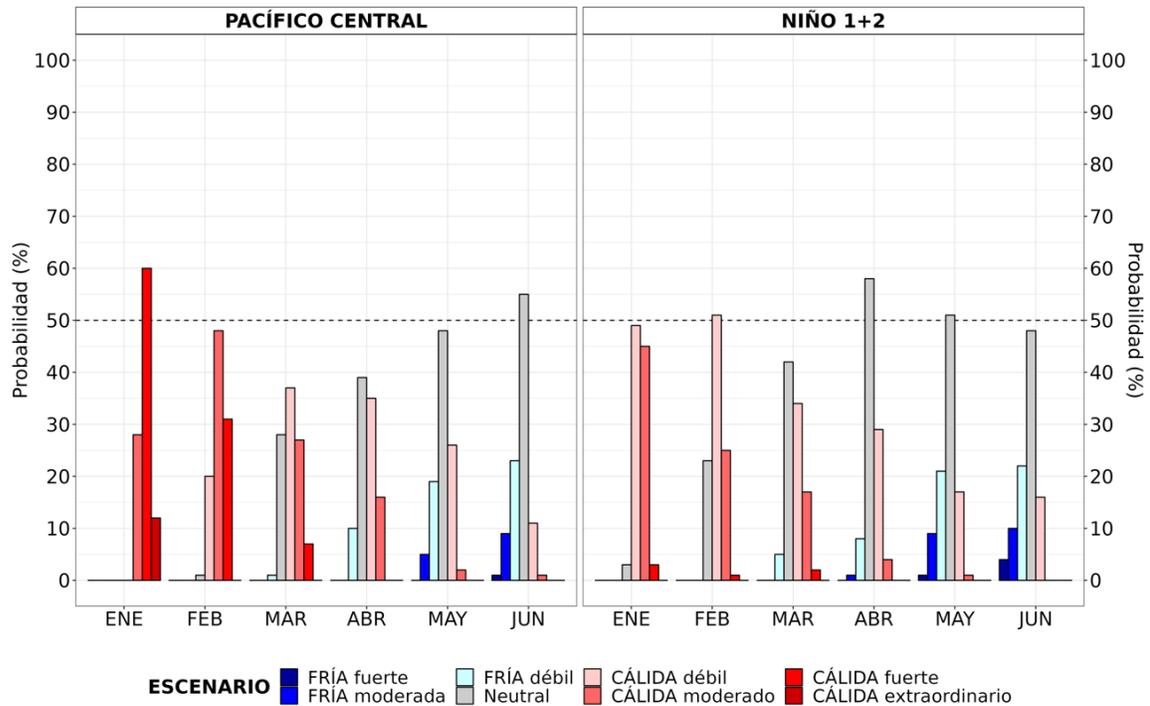


Figura 43. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre enero y junio 2024.

Para lo que resta del verano, el pronóstico estacional vigente³ indica que persistirían temperaturas del aire por encima de lo normal a lo largo de la costa norte y centro, principalmente en enero. Es más probable que las lluvias en la costa norte y sierra norte registren valores entre normal y sobre lo normal, sin descartar lluvias de moderada intensidad en estos sectores, principalmente en enero. En el sur del país se prevén lluvias por debajo de lo normal, particularmente en la sierra sur oriental.

Entre enero y mayo se prevén caudales de normal a sobre lo normal en los ríos de la zona noroccidental del país, con la posible ocurrencia de crecidas principalmente entre enero y febrero. En la zona centro-occidental, las condiciones hidrológicas serían en promedio normales, sin descartar eventos de crecidas repentinas que podrían afectar las actividades en los ríos y zonas aledañas, además de posibles activaciones de quebradas. Se prevé que los caudales de la región hidrográfica del Pacífico sur y Titicaca se encuentren en el rango de lo normal a debajo de lo normal⁴.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, se espera que los indicadores reproductivos de la anchoveta del *stock* norte-centro, asociados al período secundario de desove en el verano, se desarrollen de acuerdo con su patrón histórico. Por otro lado, en el caso de las especies transzonales, para las próximas semanas, se prevé que continúe la disponibilidad de bonito, caballa y perico, de acuerdo con su estacionalidad.

En relación con los recursos demersales, para las próximas semanas se espera que, mientras se mantengan las condiciones ambientales ocasionadas por el arribo de la onda Kelvin cálida, persista la alta dispersión de la merluza. Asimismo, se espera que el calamar gigante o pota mantenga su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte.

³ Pronóstico estacional enero -marzo de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-42.pdf>

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional enero – mayo 2024:
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-41.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 que continúa forzando ondas de Kelvin cálidas en el Pacífico ecuatorial y que posiblemente arriben a la costa peruana y contribuyan a mantener las anomalías de la TSM por encima de lo normal en la costa peruana. Asimismo, no se descarta que la variabilidad climática regional pueda tener también el mismo efecto.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2 es más probable que se desarrollen condiciones cálidas débiles hasta marzo; mientras que, a partir de abril, condiciones neutras (Figura 43).

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con el pronóstico estacional vigente y las proyecciones para el verano de 2024, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 26 de enero 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 (PBPA)	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 CMEIMS			TRMM-3B42	SeaWiFS + MODIS	GFS	MERCATOR Ocean
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																						
Radiación de Onda Larga										X											IGP	* http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170E_140W.gif * http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170W_100W.gif
Presión Atmosférica												X									SENAMHI	
Vientos												X	X						X		IGP/IMARPE	
Temperatura del Aire	X		X																		SENAMHI	
Precipitación	X										X										SENAMHI	
Precipitación estimada																	X				SENAMHI/IGP	
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																						
Temperatura del Mar	X	X	X	X	X							X			X						DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010, *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,
Nivel medio del Mar	X															X					DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,
Salinidad		X	X	X															X		DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,
Corrientes Marinas		X																			IMARPE	*Disponible desde los 60s, Frecuencia mensual,

