

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 11 N° 01

15 ENERO DE 2025

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. Gabriela Teófila Rosas Benancio

Presidenta Ejecutiva, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Calm. Jorge Vizcarra Figueroa

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)

General Brigada Juan Carlos Urcariegui Reyes

Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Ing. Alonzo Zapata Cornejo

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General Rolando Gustavo Capucho Cárdenas

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto ChaucaRenzo Adrianzen, Alfredo Alvarado.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jackie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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

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

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

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), 2025.

Informe Técnico ENFEN. Año 11, N° 01, 15 enero de 2025, 81 p.

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

Fecha de Publicación: 17 de enero de 2025



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 15 de enero 2025

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 15 DE ENERO DE 2025</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>	50
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	58
<u>VI.</u>	<u>TABLAS Y FIGURAS</u>	XX
<u>VI.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	59
<u>VII.</u>	<u>ANEXO</u>	62

I. INTRODUCCIÓN

Existen registros que El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en su fase cálida y fría, El Niño y La Niña respectivamente, tienen distintos efectos en el sistema tierra, con más repercusión e intensidad en determinadas zonas del mundo (tele conexiones). En el caso de Perú, en El Niño y también 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 El Niño y La Niña en el Pacífico ecuatorial y sudoriental, haciendo énfasis frente a la costa de Perú. Asimismo, realiza 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, reanálisis, 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 corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2 en base a los datos de Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v5 (Huang et al., 2017). Para estimar estas anomalías y el ICEN en el periodo histórico se utiliza la metodología empleada por la NOAA para el cálculo del ONI, es decir se calculan las climatologías cada 5 años: siendo la primera, la del periodo 1931 a 1960; la siguiente, la del periodo 1936 a 1965 y así sucesivamente hasta el periodo actual que va de 1991 a 2020.

Para caracterizar cada condición mensual se han establecido categorías en base al valor del ICEN y el percentil que corresponda respecto al periodo base 1950 a 2023.

Se identifican: La categoría "Condiciones Cálidas" la cual incluye las magnitudes de "Débil" ($>P75$ y $\leq P90$), "Moderada" ($>P90$ y $\leq P95$), "Fuerte" ($>P95$ y $\leq P99$) y "Extraordinaria" ($>P99$); y, La categoría de "Condiciones Frías" que incluye las magnitudes de "Débil" ($\geq P10$ y $< P25$), "Moderada" ($\geq P4$ y $< P10$), y "Fuerte" ($< P4$). Por otro lado, para la estimación en tiempo real del ICEN se utiliza un valor aproximado, al cual se le denomina ICENtmp. Este se calcula incluyendo los valores mensuales observados de las anomalías de la TSM (ERSST.v5) y reemplazando los datos mensuales faltantes con los pronósticos del ensamble de modelos North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) (ENFEN, 2024).

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).

Modelo de inteligencia artificial para el pronóstico de El Niño en el Pacífico oriental fuerte (IGP-UHM AI model v1.0)

El modelo IGP-UHM AI (Rivera et al., 2023) es una Red Neuronal Convolutiva (CNN, por sus siglas en inglés) cuya arquitectura tiene un diseño interno similar al de la CNN para la predicción del índice Niño 3.4 (Ham et al., 2019; Ham et al., 2021). La información de entrada está compuesta de 4 campos de anomalía (temperatura superficial del mar, nivel medio del mar, velocidad zonal y meridional a 10 metros de altura) por tres meses consecutivos que se sabe que son precursores de eventos de El Niño. Estas variables se transforman para tener varianza unitaria, de modo que el núcleo de convolución pueda entrenarse ignorando las escalas de datos.

La salida del modelo consiste en la predicción del índice E y C con un horizonte temporal de 12 meses, así como el mes de entrada en términos de armónicos (seno, coseno), lo que obliga al modelo a aprender la estacionalidad. Por último, el modelo también emite una clasificación para determinar si las condiciones iniciales de entrada pueden contribuir a la ocurrencia de un evento de El Niño fuerte en el Pacífico oriental en enero del siguiente año.

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 de C3S multi-sistemas

La metodología para los gráficos combinados de sistemas múltiples se basa en dos aspectos: las anomalías medias del ensamble y las probabilidades. Las anomalías medias se calculan y ajustan con respecto a la climatología de cada modelo, reescalándose para igualar la varianza entre los modelos según un período de referencia común. Las probabilidades se calculan comparando la densidad de probabilidad del pronóstico con la del clima del modelo. Desde noviembre de 2018, el período de referencia común para todos los modelos es 1993-2016, y cada centro participante en el sistema multi-modelo C3S contribuye con igual peso, garantizando una representación equilibrada en los pronósticos https://climate.copernicus.eu/charts/packages/c3s_seasonal/.

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 basadas en el ONI y el ICEN, respectivamente y aplicando los mismos umbrales de anomalías de TSM usadas para definir las categorías El Niño y La Niña (ENFEN, 2024).

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 ENFEN. 2024. Definición Operacional de los Eventos El Niño Costero y La Niña Costera en el Perú. Nota Técnica ENFEN 01 2024. 07 pp.

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 15 DE ENERO DE 2025

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

La anomalía negativa de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) amplió su dominio espacial y en magnitud, sobre el Pacífico ecuatorial central y occidental; en tanto que, disminuyó en la región oriental, dando paso al dominio de las anomalías positivas, para la primera quincena de enero 2025 (Figura 1, Tabla 1). Con respecto al mes anterior, en diciembre la anomalía mensual de la TSM (ERSST v5) descendió en la región Niño 3.4 a $-0,56$ °C, en el rango de las condiciones frías débiles, en tanto se mantuvo en el rango de la condición neutra en la región Niño 1+2 ($-0,03$ °C). De acuerdo con los datos semanales de OISST, la anomalía alcanzó $-0,7$ °C y $+0,3$ °C en la región Niño 3.4 y Niño 1+2, respectivamente, para la segunda semana de enero (Tabla 2).

Los valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de noviembre y del ICEN temporal (ICEN-tmp) de diciembre de 2024 se encuentran dentro del rango de las condiciones neutras. Por otro lado, el valor del ONI de noviembre corresponde a la condición neutra, mientras que el valor del ONI temporal (ONItmp) de diciembre corresponde a las condiciones frías débiles (Tabla 3).

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se observa una onda de Kelvin fría en el Pacífico central, acercándose a la costa americana, pero con una tendencia a disminuir su intensidad. Actualmente, se localiza en 120° W. Por otro lado, se observa una onda de Kelvin cálida al oeste de la línea de cambio de fecha. Con relación a las ondas de Rossby, se siguen observando ondas cálidas en el extremo occidental. Según la información de los flotadores ARGO, la profundidad de la termoclina también muestra la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías propagándose al extremo oriental (Figuras 2 a 4).

En diciembre de 2024, se registró una ligera disminución en las anomalías de presión en el Pacífico Ecuatorial Central y Oriental, con valores negativos de hasta -1 hPa, y anomalías de presión positivas en la región climática del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) (30° S - 90° W, Figura 5 d) generando gradientes de presión entre ambas regiones que podrían haber fortalecido los vientos alisios del sudeste y contribuido a las condiciones frías del mar en el Pacífico Central. Además, se detectaron ligeras anomalías negativas de presión en Oceanía y celdas limitadas de convección en la región occidental (120° E) posiblemente asociadas al patrón atmosférico favorable a la condición La Niña (Figura 5 c).

Respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa), en el Pacífico ecuatorial central se observaron anomalías de vientos del sureste y este (150° E - 120° W y 10° N - 10° S) (Figura 5 b), lo que probablemente haya influenciado en una disminución de las anomalías de TSM del Pacífico central que se viene presentando desde diciembre.

Además, en la costa norte de Chile y sur del Perú se presentaron alisios intensificados asociados al incremento de la presión en el núcleo del APS (Figura 5 b y 8 izq.). Por otro lado, en niveles altos (200 hPa) se presentaron anomalías de vientos del oeste, entre 20°S - 30°S y 90°W - 30°W y anomalías de vientos del sureste y este entre 30°W - 60°W, evidenciando una intensificación de del Alta de Bolivia, que habría contribuido a los superávits de precipitación principalmente en la región central y la sierra norte del Perú (Figura 5 a y 11 der.).

En promedio, en el transcurso de diciembre, en la circulación a 1000 hPa, se ha observado principalmente una predominancia de anomalías de vientos del este (140° W - 140° E, aprox. de -1 a -5 m s⁻¹). Estos patrones de vientos del este fortalecidos favorecieron la ocurrencia de anomalías negativas de TSM en el Pacífico central. En las primeras dos semanas de enero 2025, persistieron las anomalías de vientos del este en el Pacífico central, con una menor intensidad (120° W - 120°E, aprox. de -1 a -2 m s⁻¹); sin embargo, se mantuvo la tendencia hacia el enfriamiento en el Pacífico central (Figura 6 a). Por su parte, en la región oriental, entre la tercera semana de diciembre 2024 y las dos primeras de enero 2025, predominaron anomalías de viento del oeste (Figuras 2 y 6a), las que habrían contribuido al desarrollo de ligeras anomalías positivas de TSM al este de los 120°W (Figuras 1, 2 y 4).

Respecto a la velocidad potencial en la región ecuatorial (5°N - 5°S), desde mediados de noviembre 2024 hasta mediados de enero 2025, se propagó la fase divergente en altura (200 hPa) desde el Océano Índico y el continente de Oceanía hacia la zona ecuatorial de Sudamérica y norte del Perú, favoreciendo la convección, desarrollo vertical de nubes y en consecuencia lluvias, lo que se reflejó principalmente en la sierra y selva norte del Perú con anomalías predominantemente de +30 % a +100 % en diciembre 2024 y de +100 % hasta +800 % en los primeros 10 días de enero 2025 (Figuras 6 b y 11). Desde la línea de pronóstico, en los siguientes días persistirá la fase divergente, para luego, hasta fines de enero 2024, predominar la fase convergente que probablemente limitará la convección y el desarrollo vertical nuboso en la región norte del Perú (Figura 6 b).

Para el trimestre OND 2024, el núcleo del APS se encontró en promedio dentro del rango normal de intensidad y con un desplazamiento ligeramente al noroeste. Para diciembre, en promedio, el núcleo del APS se ubicó en los 90°W y 32,5°S, desplazado más al este de su posición habitual, alcanzando una intensidad por encima de lo normal (Figura 7).

Asimismo, durante diciembre, el APS presentó una configuración zonal, cercana a su posición climática habitual, intensificado, con anomalías de hasta +3 hPa en su núcleo y +1 hPa en la periferia, lo que condicionó el fortalecimiento de la componente meridional de los vientos alisios del sudeste en diciembre, principalmente frente a la costa norte y central del Perú (Figuras 8 y 10).

A lo largo del mes de diciembre se observaron episodios donde el APS se acercó a la costa (del 20 al 26 de diciembre y del 27 diciembre al 2 de enero), para luego presentar un debilitamiento que afectó a los vientos alisios del sudeste (3 al 9 de enero, 100°W – 35°S). Finalmente, desde el 10 al 15 de enero el APS migró al norte de su posición climática, lo que nuevamente condicionó a un fortalecimiento de los vientos del sudeste (Figuras 9 y 10).

De acuerdo al pronóstico del GFS, entre el 17 al 23 de enero 2025, el APS se ubicará cerca de su posición climática alrededor de los 35°S centrada en 90°W, con una configuración ligeramente meridional y una intensidad de 1022 en su núcleo, por lo que se presentarán vientos alisios del sudeste ligeramente intensificados; posteriormente el APS presentará una configuración más zonal lo que propiciará el debilitamiento de estos vientos (Figuras 9 y 10).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Frente a la costa peruana, durante diciembre, los vientos en la zona oceánica se presentaron ligeramente más intensos que su patrón habitual hasta el 20 de diciembre. Posteriormente se debilitaron, en particular entre el 25 de diciembre y el 8 de enero (Figura 12). En la franja de 110 km adyacente a la costa peruana, durante el mes de diciembre y los primeros días del mes de enero, se registraron predominantemente vientos moderados y anomalías positivas. Sin embargo, en la primera semana de enero se observó un debilitamiento de los vientos costeros, reflejándose en condiciones neutras de la velocidad del viento (Figura 13). El afloramiento costero mostró la persistencia de pulsos intensos, tanto en diciembre como en los primeros días de enero, entre Paita y Sechura, así como entre Pisco y San Juan de Marcona. Para la franja comprendida entre los 4°S y 16°S, la anomalía del transporte Ekman, asociada al afloramiento costero, exhibió una intensificación desde diciembre y en las dos primeras semanas de enero, respecto a los meses anteriores. En cambio, el índice del bombeo de Ekman presentó una tendencia decreciente, con anomalías negativas durante gran parte de diciembre y lo que va de enero, señalando el debilitamiento relativo del viento oceánico respecto al viento costero (Figura 14).

Entre el 1 y el 10 de enero de 2025, en comparación con las anomalías promedio de diciembre, las temperaturas máximas promedio a lo largo del litoral costero disminuyeron en 0,9 °C, mientras que las temperaturas mínimas se mantuvieron dentro de los rangos normales, a excepción de la costa sur donde disminuyeron a por debajo de lo normal. Estos cambios se asociaron con un incremento en la cobertura nubosa y la normalización de la TSM. Las temperaturas máximas promedio mostraron anomalías de -0,2 °C en la costa norte, +0,4 °C en la costa central y -1,0 °C en la costa sur, todas dentro de la variabilidad climática ($\pm 1,0$ °C). La mayor anomalía positiva se registró en la estación meteorológica Campo de Marte (Lima, costa central), con +1,2 °C, mientras que la anomalía negativa más intensa se observó en la estación Punta Ático (Arequipa, costa sur), con -1,3 °C (Figura 15).

En cuanto a las temperaturas mínimas, las regiones de la costa norte y central se mantuvieron dentro de sus valores normales. Por otro lado, en la costa sur se presentó una anomalía de $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, considerada dentro de la variabilidad climática ($\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). El mayor incremento en las temperaturas mínimas ocurrió en la estación meteorológica Huarney (Ancash, costa central), con una anomalía promedio de $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 15).

En el mar peruano, la TSM, en promedio, mostró valores de $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ por fuera de las 50 mn y al norte y sur del Callao, respectivamente. En zonas cercanas a la costa dominó con magnitudes menores de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el norte y centro y hasta $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el sur. Estas temperaturas muestran un escenario frío dentro de las primeras 50 millas cercanas a la costa, con anomalías de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, en promedio. Solamente frente a Tumbes, la TSM fue de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, con anomalía de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$; en tanto que, frente de Paita fluctuó entre valores positivos y negativos (Figuras 16 y 17 a). A otra escala, al sur de Paita y a lo largo del litoral, la anomalía de TSM fue negativa en diciembre (Figura 17 b).

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa peruana, durante las 3 primeras semanas de diciembre registraron una disminución generalizada, asociado al arribo de la onda Kelvin fría, generando valores menores de hasta $+5\text{ cm}$, la cual contribuyó al enfriamiento costero ya descrito. Posteriormente y hasta los primeros días de enero 2025, se registró el incremento significativo de las ANM, debido al arribo de la onda Kelvin cálida, superando los $+10\text{ cm}$ al sur de Chimbote y norte de Talara, para luego disminuir, sugiriendo la finalización del efecto de esta onda (Figura 18). Asimismo, en el litoral, la ANM descendió rápidamente dominando los valores negativos durante las tres primeras semanas de diciembre, lo que se asocia al paso de la onda Kelvin fría; para luego, cambiar a valores positivos a razón del paso de la onda Kelvin cálida (Figura 19). Cabe indicar que el nivel del mar presentó perturbaciones, aunque con mínimos incrementos, durante los días de oleaje irregular (últimos días de diciembre y primeros días de enero del 2025), sin tener influencia sobre la temperatura del mar. Debe considerarse que cuando las olas arriban en el litoral generan una zona de rompiente, lo cual impacta en los procesos de transporte de sedimento.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones costeras ubicadas desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el mes de diciembre, dentro del rango de las condiciones neutras, mientras que, el ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2016), basado en las anomalías mensuales de TSM satelital para la banda de 40 km adyacente a la costa, presentó el valor temporal de $-1,2$ para diciembre, indicando el cambio a una condición fría (Figura 20). Por otro lado, el ITNC (Índice Térmico Norte-Centro; fuente: IMARPE), basado en la media móvil de tres meses de anomalías mensuales de TSM (banda de 40 km frente a costa entre los 4°S y 14°S), mostró un valor temporal de $-0,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ para diciembre, dentro del rango de condiciones neutras, pero cercano al umbral para la condición fría débil ($-0,98\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Figura 21).

Respecto a la temperatura subsuperficial, durante el mes de diciembre y primera semana de enero, entre Paita y Chicama y dentro de las 100 mn frente a la costa, se observó el predominio de anomalías negativas sobre los 60 m de profundidad en promedio, detectándose principalmente las anomalías entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Frente a la costa central y alrededor de las 100 mn, se observaron tanto núcleos negativos como positivos entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, sobre los 100 m de profundidad, mientras que, por debajo de los 200 m, se detectaron ligeras anomalías negativas (Figuras 22 y 23). La profundidad de la termoclina y oxiclina presentó una posición por encima de su climatología frente a Paita y Chicama, dentro de las 100 mn, señalando un ascenso respecto a lo detectado a fines de noviembre en el caso de Chicama (Figura 24).

A corto plazo, hasta el 23 de enero, de acuerdo con el modelo MERCATOR se observa el desarrollo de anomalías negativas diarias de la TSM de hasta $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la región Niño 1+2 (Figura 25). Asimismo, se espera la intensificación de los valores negativos de la ANM dentro de los 110 km frente a la costa norte y centro de Perú, debido al arribo de la onda Kelvin fría (Figura 26). La tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo presentaría una tendencia negativa, principalmente frente a la costa entre los 6°S y 15°S , asociado al arribo de la onda Kelvin fría (Figura 27).

Puntualmente, el pronóstico de TSM a 30 mn frente de la costa norte (Paita) indica que se desarrollaría un ligero calentamiento sobre los 30 m; mientras que, a 100 mn se conservarían los valores negativos de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figuras 28 a y b). Frente a la costa norte, a 30 mn de Chicama, también se espera un ligero incremento de temperatura, pero manteniéndose la anomalía negativa (Figura 28 c); mientras que, a 40 mn de Chimbote y de Callao se prevé un enfriamiento en los primeros 100 m de profundidad (Figuras 28 d y e).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), de acuerdo al modelo MERCATOR, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se mantuvieron principalmente frente a Paita durante diciembre, mientras que, en enero del 2025 se habrían desplazado hasta las costas de Lambayeque (Figura 29). De acuerdo con la información *in situ*, entre el 21 y 22 de diciembre, la presencia de las AES se confirmó frente a Paita dentro de las 60 mn y hasta los 40 m de profundidad (Figura 22), generando un núcleo de anomalías negativas halinas. Para el 19 de diciembre se observó la presencia de las ACF cerca de la costa, así como condiciones de mezcla por fuera de las 20 mn, sobre los 100 m de profundidad; cabe anotar que aquí prevalecieron valores neutros de salinidad, salvo una delgada lente por fuera de las 60 mn y encima de los 50 m de profundidad, con anomalías negativas de 0,1 a 0,2. Por su parte, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) cálidas y de baja salinidad, se ubicaron frente a Manta (Ecuador) y sobre los 25 m (Figura 30).

Frente a la costa centro y sur, de acuerdo con MERCATOR, continuó la presencia alternada de aguas de mezcla entre las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y las aguas costeras frías (ACF), destacando el afloramiento de las ACF en sectores adyacentes a la costa central y de forma amplia frente a la costa sur. Asimismo, las ASS, mantuvieron su mayor acercamiento a la costa entre Chimbote y Callao (Figura 29). Al sur de Atico, prevaleció la presencia de valores de baja salinidad hasta Ilo, aunque con una tendencia a la disminución en cobertura (Figura 29).

El pronóstico de salinidad, a 30 mn frente a la costa norte (Paita) indica en la capa más superficial la disminución del espesor vertical de las AES, pero manteniéndose hasta el 23 de enero (Figura 31).

Respecto al oxígeno disuelto (OD), en la sección de Paita (21 – 22 de diciembre), se observaron concentraciones típicas de celdas recientes de afloramiento, con valores inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar, dentro de las 30 mn de la costa. Además, se registró la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} desde los 50 m que se profundizó hasta los 150 m sobre la plataforma de Paita, mientras que el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se ubicó desde los 60 m hasta los 210 m de profundidad (Figura 22). Por otro lado, en la sección de Chicama (19 de diciembre) se detectaron celdas de afloramiento reciente dentro de las 30 mn de la costa, con valores de OD inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar. En cuanto a la ZMO, el límite superior ($\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se extendió desde los 15 m hasta los 65 m de profundidad, detectándose un pequeño núcleo alrededor de los 100 m con concentraciones mayores a $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ por un posible flujo subsuperficial hacia el sur (Figura 22). Para ambas secciones, la profundidad de la oxiclina, asociada a la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} continuó registrando una posición más superficial que su climatología (Figura 24).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicadora de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio para diciembre, concentraciones de alrededor de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn entre Pisco y Paita, mientras que, al sur de San Juan las concentraciones estuvieron alrededor de $3 \mu\text{g L}^{-1}$. Esto significó un aumento significativo respecto a noviembre, siendo más intenso el incremento durante la primera y última semana de diciembre. Estas concentraciones se asociaron a anomalías positivas superiores a $+4 \mu\text{g L}^{-1}$ en promedio a lo largo de la costa. En los primeros días de enero 2025, predominan concentraciones entre 3 a $10 \mu\text{g L}^{-1}$, representando una disminución respecto a diciembre 2024. Las anomalías positivas también se han atenuado observándose principalmente valores entre $+1$ a $+5 \mu\text{g L}^{-1}$ en la zona norte-centro, mientras que, al sur, se han observado condiciones neutras (Figuras 32 y 33).

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, desde el primero de noviembre, inicio de la segunda temporada de pesca de la anchoveta (*Engraulis ringens*), el recurso continuó presentando una distribución desde Pimentel hasta bahía Independencia, dentro de las 70 mn de la costa. Las mayores capturas se presentaron en los 9° S y dentro de las 30 mn de la costa (Figura 34). La estructura de tallas fue principalmente de adultos, con un rango entre 8,0 y 16,0 cm longitud total (LT) y moda en 13,0 cm LT. La incidencia de juveniles fue de 18,1 % (en número) y de 10.7 % en peso. Al norte del Callao, se observó que las tallas menores a 12,0 cm tuvieron una incidencia menor al 20 %. Al sur del Chancay, se registró mayor incidencia de tallas menores de 12,0 cm LT, superando el 40 %. En la segunda quincena de diciembre se observó mayor variabilidad en la presencia de juveniles de anchoveta, por la mezcla con cardúmenes de adultos, posiblemente ocasionada por el paso de la Onda Kelvin cálida en diciembre y por procesos de reclutamiento (Figura 35).

Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro mostraron un incremento, acorde a lo esperado para esta época. El contenido graso registró un incremento respecto al mes anterior, superando ligeramente al valor del patrón histórico (Figura 36).

Respecto a las especies transzonales, la caballa (*Scomber japonicus*) se distribuyó en el norte del litoral dentro de las 15 mn y el jurel (*Trachurus murphyi*), se ubicó principalmente en el sur del litoral dentro de las 20 mn. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) se distribuyó entre Punta La Negra y Morro Sama dentro de las 55 mn. El perico (*Coryphaena hippurus*) continuó con su acercamiento estacional hacia la costa y las áreas de pesca estuvieron localizadas dentro de las 150 mn, con zonas de mayor concentración frente a Callao e Ilo (Figura 37). Respecto a los procesos reproductivos, considerando la variación del IGS, la caballa mostró un incremento de su actividad reproductiva y el jurel continuó presentando un declive de sus procesos de madurez gonadal y desove con respecto al mes anterior. El bonito continuó con su periodo importante de reproducción, acorde a la tendencia de su patrón histórico (Figura 38).

En cuanto a la merluza (*Merluccius gayi peruanus*), del 01 de diciembre 2024 al 12 de enero 2025, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta el norte de Parachique. Los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron en dos zonas: i) el área comprendida entre el extremo norte del litoral y los 4°S y ii) el área comprendida entre los 4°30'S y 6°00'S. En general, los valores de CPUE han presentado una tendencia ligeramente negativa desde setiembre 2024 hasta el 12 de enero de 2025 (Figuras 39 y 40). De otro lado, se incrementó la presencia del grupo de ejemplares de menor tamaño (< 28 cm LT) al norte de los 4°S. Es así que, en las primeras semanas de enero se observó la disminución de ejemplares de mayor tamaño (> 40 cm LT) entre el extremo norte del litoral peruano y los 4°S (Figura 41).

Este comportamiento podría estar relacionado a una prolongación de la época de reclutamiento y cambios en la distribución del recurso, en respuesta a la superficialización de las condiciones ambientales óptimas para la merluza.

La pesca del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se distribuyó entre Punta La Negra y San Juan de Marcona, de 10 a 112 mn de la costa, registrando la mayor presencia entre Callao y Pisco (Figura 42). El Crucero del calamar gigante (Cr. 2412) a bordo del BIC José Olaya, realizado del 16 al 23 de diciembre de 2024 y entre los 50 a 150 mn en la zona comprendida entre Huacho y San Juan de Marcona, confirmó la presencia de juveniles en las capturas de arrastre, así como ejemplares de talla mediana con moda en 31 cm en la zona de estudio.

Finalmente, entre los días 10 al 17 de diciembre del 2024, los resultados de la evaluación de dieta de aves guaneras mostro que la dieta del guanay estuvo compuesta exclusivamente de anchoveta en el centro y sur de litoral; sin embargo, en el norte (isla Macabí), también se alimentó en menor proporción de samasa (*Anchoa nasus*). En noviembre y diciembre el guanay consumió mayor porcentaje de anchoveta juvenil, en todas las zonas evaluadas (Tabla 4 y Figura 43).

3.4. Condiciones hidrológicas

A partir del 20 diciembre 2024 hasta los primeros catorce días del mes de enero del 2025 los ríos de la vertiente del Pacífico mostraron caudales con valores notoriamente sobre lo normal, observándose mayores anomalías en el norte. Por ejemplo, el río Chira en la estación Ardilla, registró una anomalía de hasta 429 %, en la primera semana del mes de enero, la que contribuyó a aumentar los volúmenes embalsados de Poechos. Del mismo modo los ríos amazónicos, indicaron condiciones normales. El río Amazonas alcanzó condiciones normales, al igual que los ríos de Marañón, Ucayali, Napo y Nanay. Los ríos de las cuencas del Marañón y Mantaro alcanzaron condiciones muy húmedas con valores de caudales que incluso que superaron el 100 % de anomalías, mientras que, en la cuenca del Huallaga se registraron condiciones normales (Tabla 5). En la vertiente del Titicaca, los ríos tuvieron un comportamiento variable, presentando entre los últimos 05 días del mes de diciembre y los primeros días del mes de enero 2025 caudales deficitarios, mientras que, los siguientes días presentaron caudales con anomalías positivas de forma muy considerable. Por otro lado, el lago Titicaca continúa por debajo de su nivel histórico, siendo menor a los menores del año pasado y desde los años 80. Los principales embalses del país, al 14 de enero 2025 se encuentran al 50 % de la capacidad hidráulica nacional, para la gran mayoría de los casos.

Se observó un incremento desde los últimos días de diciembre hasta la actualidad, de forma considerable, siendo uno de los casos más notorios el del embalse Poechos, que hasta el día 19 de diciembre se encontraba con volúmenes menores al 10 % de su capacidad, mientras que, a la actualidad se encuentra al 47 % de su capacidad. Así mismo, San Lorenzo llegó a estar alrededor del 7 % de su capacidad en diciembre, mientras que al 14 de enero se encontró al 32,6 % (Tabla 6).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En el departamento de Piura, las plantaciones de mango se encuentran en plena temporada de fructificación, maduración y cosecha, propiciadas por las temperaturas diurnas ligeramente cálidas; en tanto que, en las zonas productoras de mango de Lambayeque (Jayanca, Pasabar y Motupe), dichas condiciones térmicas vienen favoreciendo la fase de fructificación del mango Kent para exportación. En la costa norte, para el cultivo de arroz de la campaña 2024-2025 se han iniciado las actividades relacionadas con el almácigo, como consecuencia del incremento del nivel de los reservorios. Por otro lado, en la costa sur, considerando a la localidad de La Yarada (Tacna), las plantaciones de olivo están en plena fase de fructificación, favorecida por las temperaturas del aire de normales a ligeramente frías (Figura 44)

IV. PERSPECTIVAS

Según el pronóstico del C3S *multi-system*, se espera que las máximas anomalías positivas de presión en el Pacífico tropical y subtropical oriental ocurran durante el mes de febrero del 2025, contribuyendo al aumento del gradiente de presión este-oeste, y con ello a la circulación de Walker típica de condiciones de La Niña. Sin embargo, de marzo en adelante tales anomalías positivas serán de menor magnitud por lo cual el gradiente de presión se debilitaría. Por otro lado, de marzo a junio, estas anomalías se desplazarían al este acercándose al continente (Figura 45).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanESM5, GEM5.2–NEMO, NASA–GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4, COLA–RSMAS–CESM1), con condiciones iniciales de enero de 2025, para el Pacífico central (Niño 3.4); indican la condición fría débil para los meses de febrero y marzo de 2025; mientras que entre abril y noviembre de 2025 las condiciones serían neutras. Según estos resultados, los modelos pronostican el desarrollo de condiciones de La Niña débil por cuatro meses consecutivos (diciembre 2024 a marzo 2025), lo cual no configura un evento La Niña de acuerdo a los criterios establecidos por la NOAA³.

³ Los eventos La Niña son identificados si el valor del ONI (es decir la media móvil trimestral de las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4; Figura 1) se encuentra por debajo de -0.5 °C durante al menos cinco meses consecutivos

(https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, debido a la barrera de predictibilidad, los pronósticos más allá de abril son menos precisos (Tabla 7). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el pronóstico del ICEN para los siguientes meses, obtenidos de los modelos de NMME, a pesar de mostrar anomalías negativas en dicha región, se ubican en el rango de condiciones neutras, por lo pronto, hasta finales de la primavera de 2025 (Tabla 8).

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de noviembre, indica que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), se mantendría en promedio con valores por debajo de lo normal y que recién alcanzaría los valores normales a fines del invierno de 2025. Por lo tanto, no existe probabilidad de que en el siguiente verano se desarrolle un evento Niño E fuerte. En lo que respecta al índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra valores negativos que se extienden, por lo pronto, hasta mediados de la primavera del 2025 (Figura 46).

Según los datos de altimetría satelital, es probable que a fines de enero 2025 arribe el paquete de ondas de Kelvin frías, aunque con una magnitud inferior a la que tiene actualmente (Figura 3). Por otro lado, en la zona occidental (al oeste de 180°) se observa una señal de una onda de Kelvin cálida. Esta onda arribaría en marzo a la costa americana manteniendo su intensidad, siempre y cuando, no hubiera procesos físicos que afecten su propagación. En el extremo occidental aún se observa la presencia de ondas de Rossby cálidas y es probable que sigan reflejándose en nuevas ondas de Kelvin cálidas (Figura 2 a). En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se observa, de igual manera, la presencia de un paquete de ondas de Kelvin fría y cálida en las mismas ubicaciones. Sin embargo, se ven más intensas que en el nivel del mar y es muy probable que al arribar a la costa peruana se vea su impacto, principalmente, por debajo de la superficie. El desarrollo del pulso de viento del oeste en la zona oriental recientemente observado podría proyectarse en una onda de Kelvin cálida que compensaría la presencia del paquete de ondas de Kelvin frías. De acuerdo a pronósticos de corto plazo, se espera el desarrollo de un pulso de viento del este en el Pacífico central que, de cumplirse, podría proyectarse en una nueva onda de Kelvin fría que arribaría en marzo a nuestra región.

Los resultados de los modelos de ondas del IGP, forzado con el reanálisis de NCEP para el diagnóstico (hasta el 11 de enero) y luego con vientos igual a cero para el pronóstico, indican que se espera el arribo de una onda de Kelvin fría entre enero y febrero. Luego un paquete de ondas de Kelvin cálidas desde fines de febrero. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina (Figuras 47 a 49). Asimismo, hay que considerar que los vientos del reanálisis de NCEP (el forzante del modelo de ondas) no estaría simulando correctamente los vientos del oeste observados en la zona oriental (ver Figura 2 a).

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 10 de enero 2025 y pronosticado con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que, entre enero, febrero y marzo 2025, se espera la llegada a las costas Sudamericanas de dos ondas de Kelvin frías y una onda de Kelvin cálida. En enero, el modelo muestra la llegada de la onda de Kelvin fría (modo 1) conforme lo indican las observaciones, y debido a la persistencia de las anomalías de vientos del este en diciembre en el Pacífico ecuatorial central, otra onda de Kelvin fría (modo 2) llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre enero y febrero. Cabe señalar, que la onda de Kelvin cálida (modo 1) habría sido generada por la reflexión de una onda de Rossby cálida entre diciembre 2024 y enero 2025 en el Pacífico ecuatorial occidental, y llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en marzo del 2025 (Figura 50).

Según el análisis experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en datos observados y los pronósticos de modelos climáticos internacionales disponibles hasta la fecha, es más probable que continúe la condición fría débil en el Pacífico central hasta febrero de 2025 y que se desarrolló desde diciembre de 2024. Posteriormente, se espera con mayor probabilidad una transición a condiciones neutras, las cuales persistirían hasta finales del invierno de 2025 (Tabla 9 y Figura 51). Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones neutras hasta agosto de 2025, por lo pronto (Tabla 10 y Figura 51).

Entre enero a marzo de 2025, se prevé temperaturas del aire entre normales y superiores a lo normal en la costa. En cuanto a las lluvias, es más probable que se presenten condiciones normales a inferiores a lo normal en la sierra norte occidental y por debajo de lo normal en la costa norte. En tanto, en la sierra central y sur son más probables lluvias por encima de lo normal⁴.

Asimismo, para el mismo periodo, según el pronóstico hidrológico⁵, en la zona norte de la Región Hidrográfica del Pacífico predominarían caudales muy debajo de lo normal y debajo de lo normal, principalmente, en los ríos Piura y Chira, respectivamente; mientras que en los ríos de la zona centro y sur predominarían caudales normales y sobre lo normal. En la Región Hidrográfica del Titicaca, se prevén caudales normales a debajo de lo normal, principalmente en enero. Adicionalmente, no se descartan crecidas repentinas en los ríos de la costa propios de la estacionalidad.

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-54.pdf>

⁵ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-53.pdf>

En cuanto a los recursos pesqueros, para las próximas semanas se espera que los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, continúen mostrando el incremento de los procesos de maduración y desove conforme a su patrón histórico. En el caso de las especies transzonales, se prevé que aumente la disponibilidad de jurel, caballa y bonito, de acuerdo a su estacionalidad. En cuanto a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso a la pesquería continúe con el predominio de ejemplares menores de 28 cm.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN, en base al análisis de las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas hasta la fecha, mantiene el estado del “sistema de alerta ante El Niño Costero y La Niña Costera” en “No Activo”⁶ en la región Niño 1+2, que abarca la zona norte y centro del mar peruano, debido a que es más probable que continúe la condición neutra⁷, por lo pronto, hasta agosto de 2025.

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) son más probables las condiciones frías débiles hasta febrero de 2025, seguidas por la condición neutra hasta agosto de 2025, siendo poco probable que se consolide un evento La Niña en los siguientes meses, considerando los criterios vigentes del ENOS³.

Se recomienda a los tomadores de decisiones y a la población en general tener en cuenta los escenarios de riesgo basados tanto en los avisos meteorológicos y pronósticos estacionales. Esto con la finalidad de que se adopten las medidas que correspondan para la preparación y reducción del riesgo de desastres, ante la eventualidad de cambios súbitos de las condiciones océano-atmosféricas, principalmente frente a la costa norte.

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 14 de febrero de 2025.

⁶ No activo: Ocurre cuando se presentan condiciones neutras o, cuando de acuerdo al análisis de las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas y de la predicción de los modelos climáticos, el pronóstico probabilístico mensual del Índice Costero El Niño (ICEN) indica que la probabilidad de la categoría neutra superará el 50 % durante al menos los siguientes tres meses consecutivos (Nota Técnica ENFEN 02-2024; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-02-2024-sistema-de-alerta-ante-el-nino-y-la-nina-costera/>)

⁷ Las condiciones mensuales se establecen en base al valor del ICEN. En el caso de la condición neutra, esta corresponde cuando el valor del ICEN es mayor o igual que -0.7 y menor o igual que +0.5 (Nota Técnica ENFEN 01-2024; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-01-2024-definicion-operacional-de-los-eventos-el-nino-costero-y-la-nina-costera-en-el-peru/>). Para el caso del Pacífico central, la condición neutra se considera cuando el valor del ONI es mayor que -0.5 y menor que +0.5 (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php).

VI. TABLAS Y FIGURAS

6.1. Tablas

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

TSM-ATSM Mensual 2024 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Jul.	21.18	-0.78	25.67	-0.14	27.34	0.04	29.41	0.51
Ago.	20.58	-0.42	24.83	-0.29	26.73	-0.12	29.19	0.41
Set.	19.98	-0.75	24.71	-0.20	26.45	-0.26	28.91	0.15
Oct.	20.70	-0.32	24.82	-0.16	26.44	-0.27	28.88	0.12
Nov.	21.71	0.05	24.94	-0.16	26.45	-0.25	28.82	0.12
Dic.	22.78	-0.03	24.85	-0.38	26.04	-0.56	28.30	-0.24

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 2024-2025 (OISST.v2)				
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3.4	
11-Dic-24	22.5	-0.2	26.1	-0.6
18-Dic-24	22.8	-0.2	25.8	-0.8
25-Dic-24	23.1	-0.2	25.5	-1.1
01-Ene-25	23.7	0.1	25.8	-0.7
08-Ene-25	24.3	0.3	25.7	-0.7

Tabla 3. Valores del ICEN, ONI, sus valores temporales de diciembre 2024 y sus categorías desde diciembre de 2023 hasta noviembre de 2024

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
dic-23	1.67	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1.35	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.88	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
mar-24	0.38	Neutro	1.15	Cálida Moderada
abr-24	-0.38	Neutro	0.75	Cálida Débil
may-24	-0.78	Fría Débil	0.39	Neutro
jun-24	-0.97	Fría Débil	0.17	Neutro
jul-24	-0.72	Fría Débil	0.05	Neutro
ago-24	-0.65	Neutro	-0.11	Neutro
set-24	-0.50	Neutro	-0.22	Neutro
oct-24	-0.35	Neutro	-0.24	Neutro
nov-24	-0.10	Neutro	-0.36	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
dic-24	-0.09	Neutro	-0.60	Fría débil

Fuente: IGP

Tabla 4. Variación de composición de dieta de guanay en las islas y puntas evaluadas en noviembre y diciembre del 2024. En isla Pescadores, aún no se ha recuperado la población de aves guaneras; por lo tanto, no hubo disponibilidad de muestras.

Especie/área	Isla Macabí (7°48'LS)	Isla Mazorca (11° 23'LS)	Punto San Juan (15°22'LS)	Punto Coles (17°42' LS)
anchoveta adulta	254	154	1069	539
anchoveta juvenil	185	335	1552	788
anchoveta total	439	489	2621	1327
Otras	0	0	0	0
Total	439	489	2621	1327

Tabla 5. Caudales de los principales ríos del país al 14 de enero del 2025.

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Diciembre - 2024									Enero - 2024					
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	12.97	20.95	23.34	21.77	29.24	80.40	31.44	10.80	Normal	121.81	136.51	146.66	134.99	106.98	Significativamente sobre lo normal
	Tumbes El Tigre	16.49	22.19	24.42	26.08	27.63	68.77	30.93	39.60	Ligeramente sobre lo normal	128.82	144.32	157.04	143.39	202.96	Significativamente sobre lo normal
	Chira (Ardilla)	8.85	30.05	32.29	27.91	22.23	96.91	36.37	-7.25	Normal	217.42	124.55	130.20	157.39	195.00	Significativamente sobre lo normal
	Chira (Puente Suallana)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	2.32	3.21	14.79	6.77	27.56	Ligeramente sobre lo normal
	Chira (rio Quiroz)	7.09	8.82	18.52	14.77	11.56	31.76	15.42	-1.32	Normal	87.61	51.67	39.64	59.64	214.38	Significativamente sobre lo normal
	El Ciruelo	7.88	49.73	56.79	39.27	41.05	113.18	51.32	27.61	Ligeramente sobre lo normal	163.42	130.37	114.24	136.01	135.19	Ligeramente sobre lo normal
	Puente Internacional	7.64	15.26	17.01	13.91	18.14	44.31	19.38	64.29	Significativamente sobre lo normal	80.84	79.13	65.94	75.30	307.40	Significativamente sobre lo normal
	Piura (Shanchez Cerro)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.02	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	1.12	0.00	0.32	0.48	17887.50	Significativamente sobre lo normal
	Motupe (Marripon)	0.32	0.33	0.57	0.57	0.82	1.33	0.66	15.95	Significativamente sobre lo normal	2.52	1.42		1.97	167.82	Significativamente sobre lo normal
	La Leche_Puchaca	1.12	0.29	2.08	2.40	4.96	15.25	4.35	82.14	Significativamente sobre lo normal	17.10	13.33		15.22	317.76	Significativamente sobre lo normal
	Chancay Lambayeque	4.96	4.01	10.80	9.35	19.18	64.25	18.76	-13.52	Normal	98.89	79.19	51.88	76.66	201.75	Significativamente sobre lo normal
	Batan_Zaña	0.67	0.91	2.08	1.46	2.39	8.78	2.71	-25.26	Ligeramente por debajo de lo normal	12.77	8.37	5.52	8.88	95.13	Significativamente sobre lo normal
	Jequetepeque	4.612	5.75	10.63	7.72	20.17	68.32	19.53	35.70	Ligeramente sobre lo normal	87.21	75.90	48.47	70.53	275.79	Significativamente sobre lo normal
	Chicama (Salinar)	1.39	4.31	4.86	4.46	6.24	14.88	6.02	-58.88	Significativamente por debajo de lo normal	22.18	11.05		16.61	-7.70	Normal
	Chicama (Tambo)	3.04	3.39	5.96	4.35	6.88	15.08	6.45	32.04	Ligeramente sobre lo normal	40.56	22.45	18.02	27.01	214.13	Significativamente sobre lo normal
	Moche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	15.03	13.87	4.67	11.19	249.27	Significativamente sobre lo normal
Santa	127.70	118.54	136.52	117.81	124.61	125.81	125.16	0.85	Normal	214.80	200.68	157.19	190.89	13.12	Normal	
Pacífico Centro	Pativilca	38.21	37.15	47.09	58.85	47.23	43.33	45.31	10.16	Normal	75.72	75.21	56.82	69.25	44.84	Ligeramente sobre lo normal
	Huaura	25.61	19.70	24.58	37.90	28.36	21.66	26.30	44.92	Ligeramente sobre lo normal	46.18	40.19	27.85	38.07	85.21	Significativamente sobre lo normal
	Huaral	14.59	12.50	13.73	14.67			13.87	61.79	Significativamente sobre lo normal						
	Chillon	7.41	5.77	7.95	13.35	9.00	6.35	8.31	71.73	Significativamente sobre lo normal	17.75	12.17	9.06	13.00	64.37	Significativamente sobre lo normal

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Diciembre - 2024									Enero - 2024					
	Rímac	31.95	29.17	32.72	53.50	44.96	36.23	38.09	73.42	Significativamente sobre lo normal	69.75	52.07	44.16	55.32	79.85	Significativamente sobre lo normal
	Lurin	7.89	3.27	5.62	13.31	6.42	3.39	6.65	213.36	Significativamente sobre lo normal	13.77	9.20	5.08	9.35	108.08	Significativamente sobre lo normal
	Mala	23.26	13.53	20.35	31.38	24.72	14.84	21.35	237.65	Significativamente sobre lo normal	58.45	31.02	29.69	39.72	125.09	Significativamente sobre lo normal
	Cañete	35.12	28.55	38.87	46.02	45.41	36.09	38.34	21.40	Ligeramente sobre lo normal	102.89	64.91	62.52	76.77	47.22	Ligeramente sobre lo normal
	San Juan_Conta	15.23	11.61	13.91	13.62	10.22	5.75	11.72	261.00	Significativamente sobre lo normal	19.03	16.91		17.97	328.00	Significativamente sobre lo normal
	Pisco	14.84	9.23	13.68	17.09	10.25	7.25	12.06	71.16	Significativamente sobre lo normal	56.81	22.10	22.40	33.77	105.36	Significativamente sobre lo normal
	Ica	8.63363	7.46	8.54	8.25	7.32	7.71	7.99	4.34	Normal	22.4936	7.70	6.04	12.08	52.81	Normal
Pacífico Sur	Acari	4.70	1.73	12.61	14.67	4.35	1.07	6.52	105.74	Significativamente sobre lo normal	24.62	13.50	5.62	14.58	45.11	Ligeramente sobre lo normal
	Yauca	0.10	0.11	1.01	0.69	0.13	0.08	0.35	68.50	Significativamente sobre lo normal	0.59	0.43	0.51	0.51	-34.84	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ocoña	58.77	41.63	120.35	71.89	60.37	40.64	65.61	52.44	Significativamente sobre lo normal	158.28	116.05	83.19	119.17	26.04	Ligeramente sobre lo normal
	Camana	36.95	27.09	39.61	27.92	26.45	23.38	30.24	18.69	Ligeramente sobre lo normal	50.70	54.36	43.08	49.38	-16.62	Ligeramente por debajo de lo normal
	Pte.El diablo_Chili	9.92	9.69	10.62	9.45	9.06	9.42	9.69	20.77	Ligeramente sobre lo normal	9.40	9.18	8.64	9.07	-2.90	Normal
	Tambo La Pascana	13.35	9.98	9.62	7.19	7.27	6.10	8.92	-1.39	Ligeramente sobre lo normal	8.59	16.40	14.83	13.27	-74.91	Significativamente por debajo de lo normal
	Locumba	2.77	2.78	2.77	2.76	2.78	2.78	2.77	28.95	Ligeramente sobre lo normal	2.78	2.79	2.77	2.78	16.13	Ligeramente sobre lo normal
	Sama	1.81	1.72	1.91	1.69	1.42	1.26	1.64	134.93	Significativamente sobre lo normal	1.86	3.36	3.66	2.96	115.23	Significativamente sobre lo normal
	Caplina	0.49	0.50	0.51	0.50	0.50	0.45	0.49	13.12	Normal	0.54	0.61		0.58	17.93	Ligeramente sobre lo normal
	Ríos Amazonicos	Amazonas (Tanshiyacu)	22074.79	23336.25	24251.52	26326.25	29274.67	31552.73	26136.03	-11.45	Normal	32268.01	33128.12	33552.61	32982.91	-1.71
Napo (Bella Vista)		3.46	3.65	3.27	3.56	3.86	4.31	3.68	-13.18	Normal	4.67	4.26	4.02	4.32	1.27	Normal
Nanay (msnm)		123.77	123.59	124.43	125.03	125.95	126.19	124.82	-0.71	Normal	126.15	125.82	125.78	125.92	-0.05	Normal
Marañón (San Regis)		15579.24	15693.13	16923.15	17450.91	21119.98	21396.19	18027.10	4.06	Normal	21872.65	23042.20	23634.65	22849.83	18.25	Ligeramente sobre lo normal
Marañón (San Lorenzo)		126.97	126.80	126.92				126.90	-27.57	Ligeramente por debajo de lo normal	129.33	129.67	129.08	129.36	0.53	Normal

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Diciembre - 2024									Enero - 2024					
	Ucayali _ANA (msnm)	144.04	144.44	145.11	145.17	145.08	145.39	144.87	0.63	Normal	144.30	144.55	145.73	144.86	-0.29	Normal
	Ucayali _ SENAMHI (msnm)	144.50	144.91	145.58	145.57	145.53	145.89	145.33	0.80	Normal	144.73	144.81	146.01	145.19	-0.06	Normal
	Contamana (msnm)	130.12	129.92	130.64	130.94	131.09	131.22	130.65	0.39	Normal	129.95	129.88	131.19	130.34	0.32	Normal
	Requena (msnm)	124.08	124.07	124.65	125.80	125.14	125.27	124.83	0.30	Normal	129.04	128.45	127.88	128.45	2.03	Normal
	Madre de Dios	6287.39	8414.76	7796.77	8280.29	6932.35	7083.47	7465.84	4.46	Normal	4226.68	10731.57	12373.37	9110.54	10.81	Normal
Marañon	Marañon (Corral Quemado)	572.68	548.37	610.38	740.61	655.84	757.34	647.53	-11.26	Normal	1319.12	1649.23	1010.52	1326.29	41.25	Ligeramente sobre lo normal
	Marañon (Cumba)	637.84	605.46	622.74	723.10	636.57	655.71	646.90	30.04	Ligeramente sobre lo normal	1090.45	1437.64	1048.91	1192.34	125.23	Significativamente sobre lo normal
	Marañon (Balsas)	359.34	331.20	370.58	421.93	346.49	310.51	356.67	-14.78	Normal	594.44	703.97	488.23	595.55	19.16	Ligeramente sobre lo normal
	Chunchuca	20.59	18.31	23.17	22.86	20.62	35.85	23.57	18.07	Ligeramente sobre lo normal	43.86	41.81	34.28	39.98	53.44	Significativamente sobre lo normal
	Crisnejas	14.71	12.79	23.44	11.98	25.94	61.91	25.13	-5.42	Normal	182.61	113.04	57.85	117.83	249.29	Significativamente sobre lo normal
	Crisnejas (Jesus Tunel)	3.10	2.28	4.82	2.48	5.65	18.75	6.18	33.04	Ligeramente sobre lo normal	30.69	30.03	14.68	25.14	86.18	Significativamente sobre lo normal
	Masgom	0.79	0.70	1.79	0.92	2.35	4.72	1.88	64.64	Significativamente sobre lo normal	7.68	5.58	3.03	5.43	421.76	Significativamente sobre lo normal
	Namora	2.87	3.18	3.48	3.26	3.05	6.62	3.74	-1.25	Normal	26.59	26.71	15.91	23.07	375.64	Significativamente sobre lo normal
	Grande	0.82	0.85	1.12	0.92	1.16		0.98	8.22	Normal						
Huallaga	Huallaga (Picota)	2755.83	3064.39	2913.28	4555.56	3418.42	2818.74	3254.37	-14.09	Normal	2832.25	3053.38	3421.07	3102.23	-24.86	Ligeramente por debajo de lo normal
	Shanao	184.86	165.16	190.09	292.86	307.13	334.71	245.80	-35.33	Ligeramente por debajo de lo normal	438.72	376.48	279.42	364.88	-8.05	Normal
	Cumbaza	3.73	4.45	1.80	5.32	2.16	4.37	3.64	-9.51	Normal	4.81	1.63	6.35	4.26	14.36	Normal
	Rio Sisa	8.80	7.17	6.77	34.47	9.20	15.50	13.65	-6.99	Normal	26.87	12.33	10.67	16.62	34.16	Ligeramente sobre lo normal
	Huallaga (Huallabamba)	945.21	1092.15	1255.72	2036.93	1213.30	1112.20	1275.92	14.85	Normal	1167.70	1177.68	1100.45	1148.61	19.28	Ligeramente sobre lo normal
	Huallaga (Tocache)	1355.82	1700.24	1580.71	2081.97	1675.98	1263.59	1609.72	-20.86	Ligeramente por debajo de lo normal	1233.11	1689.95	1747.42	1556.83	-20.97	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (Tingo Maria)	580.52	657.21	679.64	782.29	616.48	524.94	640.18	-5.24	Normal	649.25	664.08	621.34	644.89	-4.56	Normal
	Huallaga (taruca)	88.90	72.98	115.04	204.15	118.08	66.48	110.94	33.06	Ligeramente sobre lo normal	134.91	132.92	106.97	124.93	-3.58	Normal
antaro	Pongor	272.34	219.17	279.75	522.82	413.82	252.58	326.75	112.68	Significativamente sobre lo normal	557.84	549.78	434.09	513.90	89.11	Significativamente sobre lo normal
	La Mejorada	182.93	155.74	189.85	331.76	265.91	193.00	219.86	114.32	Significativamente sobre lo normal	382.08	334.29	303.38	339.92	108.69	Significativamente sobre lo normal
	Stuart	56.62	52.03	66.23	138.87	121.65	91.39	87.80	55.28	Significativamente sobre lo normal	160.89	115.80	99.49	125.39	113.12	Significativamente sobre lo normal

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Diciembre - 2024									Enero - 2024					
	Chulec	73.43	70.72	84.48	163.16	121.29	78.67	98.63	168.57	Significativamente sobre lo normal	143.48	93.24	84.08	106.93	185.50	Significativamente sobre lo normal
	Rio Pallanga	1.02	1.43	2.71	4.26	5.46	5.38	3.37	165.63	Significativamente sobre lo normal	4.23	5.07		4.65	232.70	Significativamente sobre lo normal
Apurimac	Antabamba	39.17	44.17	82.33	50.30	38.53	17.85	45.39	10.72	Normal	127.47	76.69	51.07	85.08	32.74	Ligeramente sobre lo normal
Urubamba Vilcanota	Estación Egemsa Km 105	109.62	117.15	141.01	134.79	145.67	85.29	122.25	19.48	Ligeramente sobre lo normal	105.74	225.91		165.83	-17.45	Ligeramente por debajo de lo normal
	Pisac	86.88	84.40	101.85	91.03	106.40	64.64	89.20	18.42	Ligeramente sobre lo normal	85.74	209.43	282.05	192.41	100.10	Significativamente sobre lo normal
Titicaca	Huancane	14.25	14.34	14.22	8.57	17.74	9.12	13.04	67.54	Significativamente sobre lo normal	4.42	34.93	76.37	38.57	97.40	Significativamente sobre lo normal
	Ramis	24.22	27.39	41.81	34.04	46.20	30.77	34.07	12.80	Normal	13.90	65.80	220.07	99.92	-5.31	Normal
	Coata	37.96	40.41	44.82	21.82	22.63	13.41	30.17	11.06	Normal	12.79	52.62	91.85	52.42	2.52	Normal
	llave	11.75	7.48	9.02	7.33	8.85	4.96	8.23	12.87	Normal	5.18	99.50	121.50	75.39	251.10	Significativamente sobre lo normal

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

Tabla 6. Estado situacional de los reservorios al 14 de enero del 2025.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Pochos	14-Ene	Piura	445.5	209.1	46.9
	San Lorenzo	14-Ene	Piura	195.6	63.8	32.6
	Tinajones	14-Ene	Lambayeque	331.6	133.0	40.1
	Gallito Ciego	14-Ene	La Libertad	366.1	194.5	53.1
	SUB TOTAL			1338.7	600.4	44.8
Costa - Centro	Viconga	14-Ene	Lima	30.0	1.8	6.0
	Sistema Rímac	14-Ene	Lima, Junin	282.4	179.1	63.4
	Choclococha	14-Ene	Ica	131.1	52.8	40.3
	Ccaracocha	14-Ene	Ica	40.0	17.1	42.8
	SUB TOTAL			483.5	250.8	51.9
Costa - Sur	Condorama	14-Ene	Arequipa	259.0	84.1	32.5
	El Pañe	14-Ene	Arequipa	99.6	72.6	72.9
	Dique Los Españoles	14-Ene	Arequipa	9.1	3.4	37.4
	Pillones	14-Ene	Arequipa	78.5	41.9	53.4
	El Frayle	14-Ene	Arequipa	127.2	70.3	55.2
	Aguada Blanca	14-Ene	Arequipa	30.4	10.2	33.5
	Chalhuanca	14-Ene	Arequipa	25.0	5.9	23.6
	Bamputañe	14-Ene	Arequipa	40.0	5.4	13.5
	Pasto Grande	14-Ene	Moquegua	200.0	115.9	58.0
	Paucarani	14-Ene	Tacna	10.5	4.1	39.0
	Laguna Aricota	14-Ene	Tacna	280.0	194.8	69.6
	Jarumas	14-Ene	Tacna	13.0	9.7	74.6
	SUB TOTAL			1172.4	618.3	52.7
Sierra - Centro	Cuchoquesera	14-Ene	Ayacucho	80.0	43.1	53.9
	Lago Junín	14-Ene	Junin	314.7	102.3	32.5
	SUB TOTAL			394.7	145.4	36.8
Sierra - Sur	Lagunillas	14-Ene	Puno	585.1	443.0	75.7
	Sibinacocha	14-Ene	Cusco	110.0	65.30	59.4
	SUB TOTAL			695.1	508.3	73.1
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	2,123.2	52.0

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

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	-0.80	-0.54	-0.31	-0.18	-0.14	-0.17	-0.20	-0.17	-----	-----
CanESM5	-0.62	-0.42	-0.29	-0.21	-0.11	-0.01	0.04	0.06	0.08	0.13
GEM5_NEMO	-0.60	-0.44	-0.37	-0.35	-0.34	-0.33	-0.33	-0.29	-0.23	-0.18
NASA	-1.67	-1.48	-1.06	-0.73	-0.50	-0.34	-0.24	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.08	0.10	0.19	0.24	0.25	0.19	0.08	-0.03	-0.14	-0.20
COLA-CCSM4	-1.18	-1.01	-0.80	-0.57	-0.38	-0.26	-0.25	-0.35	-0.47	-0.53
COLA_CESM	-1.03	-0.75	-0.45	-0.26	-0.15	-0.13	-0.18	-0.21	-0.18	-0.11
Promedio										
NMME	-0.85	-0.65	-0.44	-0.29	-0.20	-0.15	-0.15	-0.17	-0.19	-0.18

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	-0.36	-0.32	-0.26	-0.05	0.16	0.32	0.28	0.15	-----	-----
CanESM5	-0.06	-0.14	-0.10	0.00	0.16	0.29	0.39	0.40	0.34	0.26
GEM5.2_NEMO	-0.14	-0.12	-0.07	-0.10	-0.14	-0.20	-0.20	-0.14	-0.06	0.04
NASA	-0.97	-1.42	-1.45	-1.07	-0.55	-0.35	-0.34	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.14	0.06	-0.10	-0.10	-0.01	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03
COLA-CCSM4	-0.72	-0.76	-0.73	-0.56	-0.36	-0.21	-0.18	-0.23	-0.32	-0.45
COLA_CESM	-0.27	-0.11	0.08	0.22	0.24	0.19	0.10	-0.01	-0.06	-0.04
Promedio										
NMME	-0.34	-0.40	-0.38	-0.24	-0.07	0.01	0.01	0.03	-0.01	-0.03

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre febrero y agosto 2025.

Pacífico central	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0	1
Fría débil	52	48	40	33	29	28	27
Neutro	48	51	56	58	57	56	54
Cálida débil	0	1	4	9	14	16	17
Cálida moderado	0	0	0	0	0	0	1
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre febrero y agosto 2025.

Pacífico central	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	1	1	1	1	1	1	1
Fría débil	18	14	16	16	17	18	18
Neutro	61	60	61	64	63	62	61
Cálida débil	18	20	20	18	18	18	19
Cálida moderado	2	5	2	1	1	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0	0

6.2. Figuras

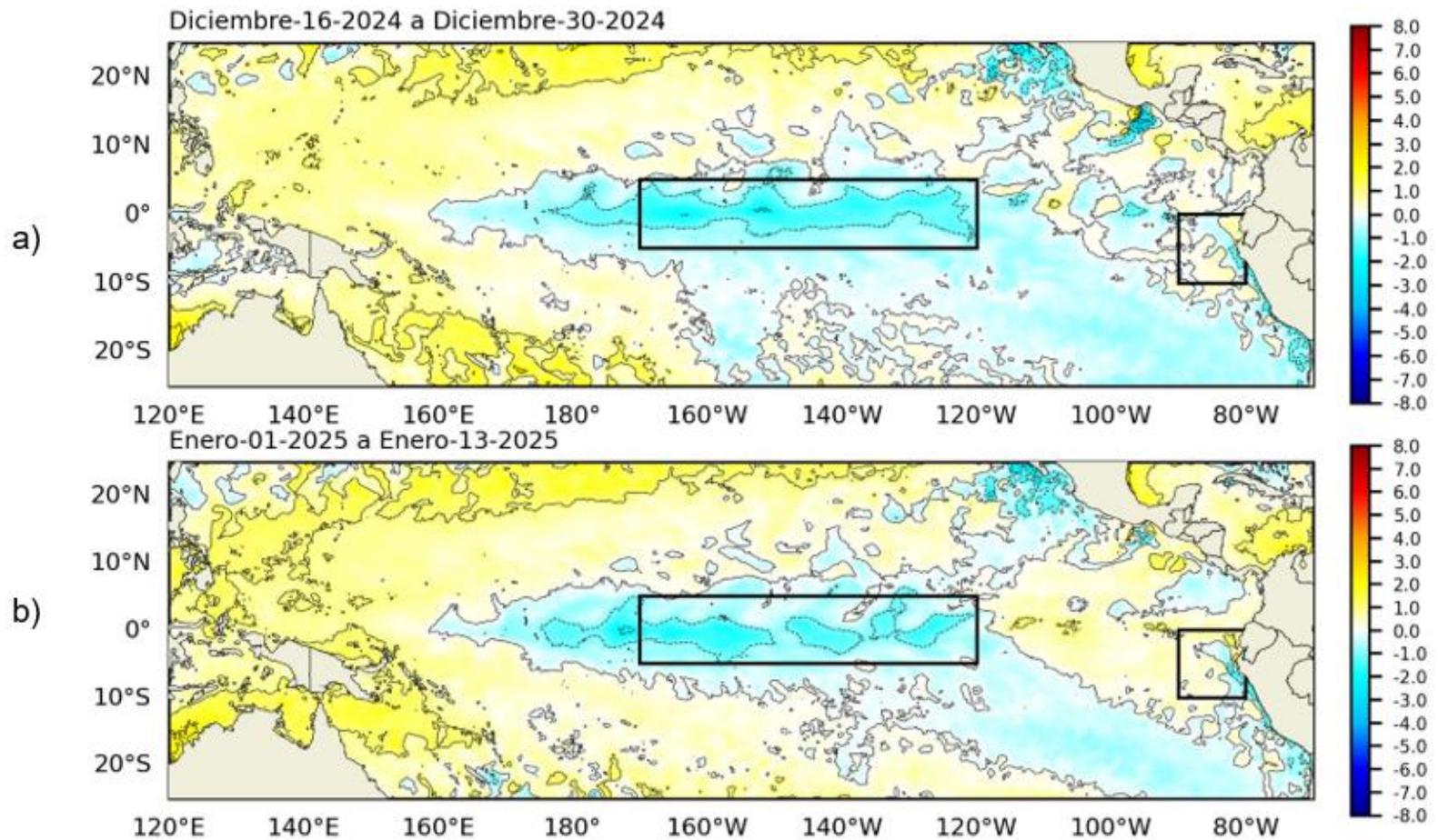


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 16 al 31 de diciembre 2024, y b) 01 al 13 de enero 2025. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

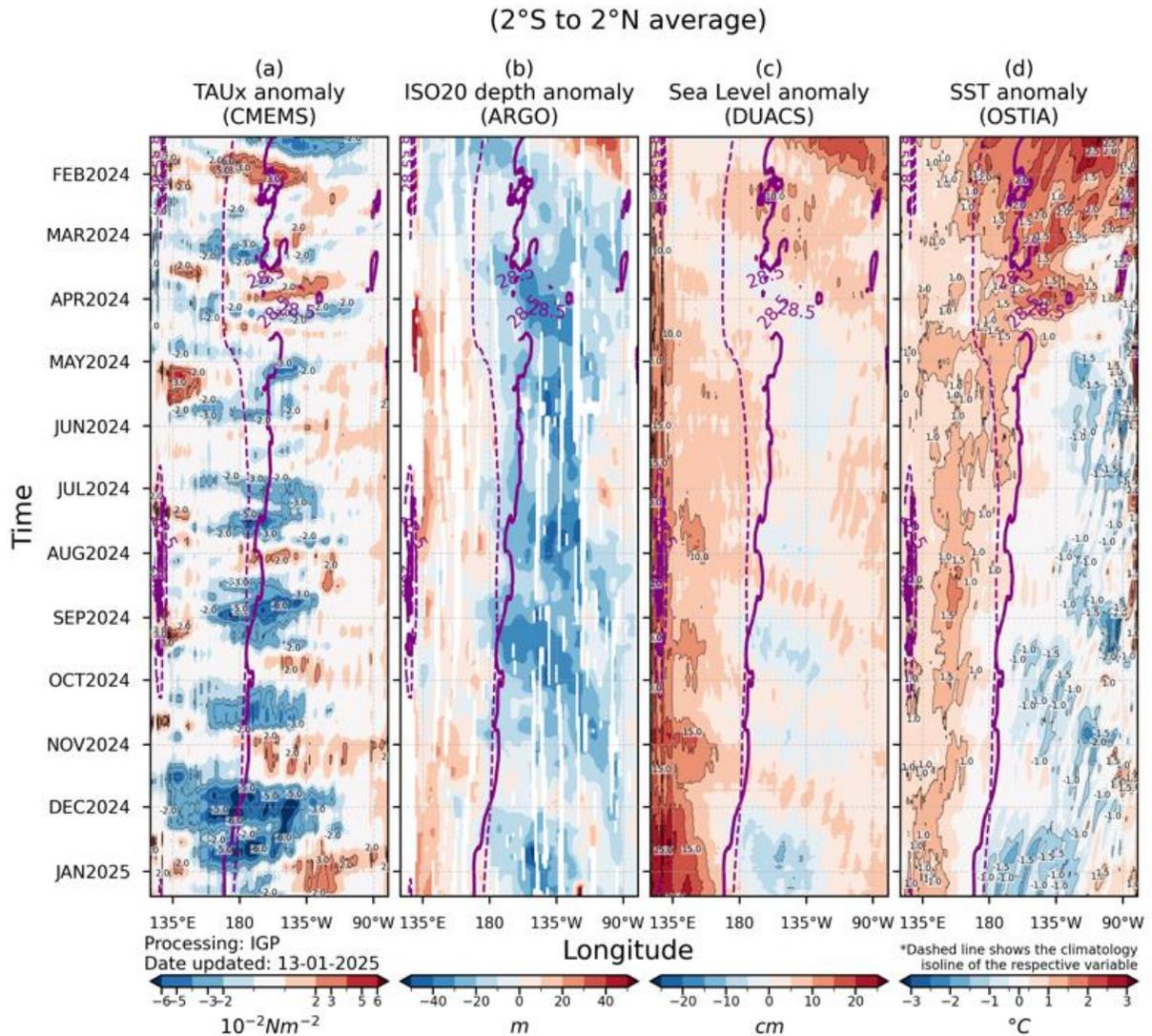


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento, Fuente: CMEMS, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C, Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

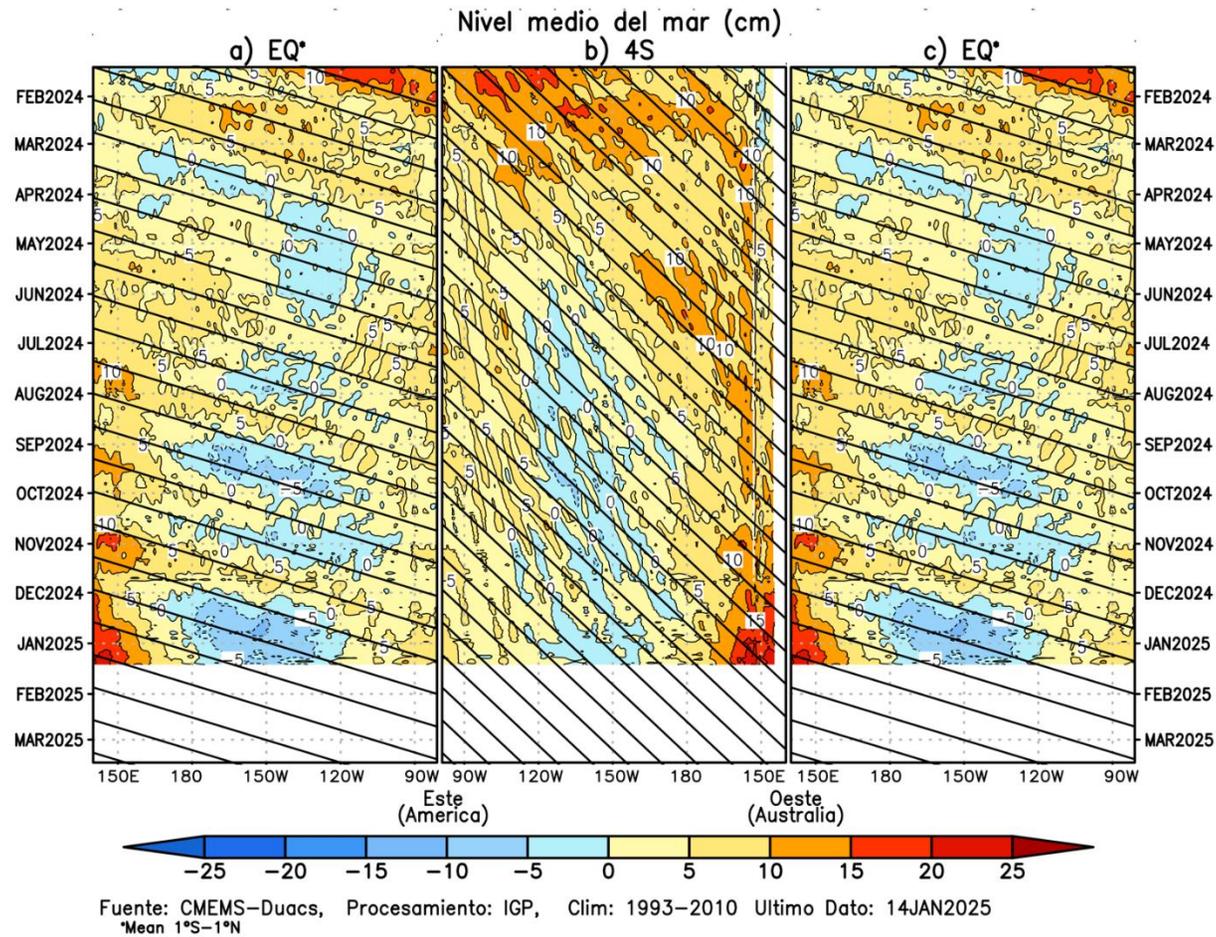


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS–Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras 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.

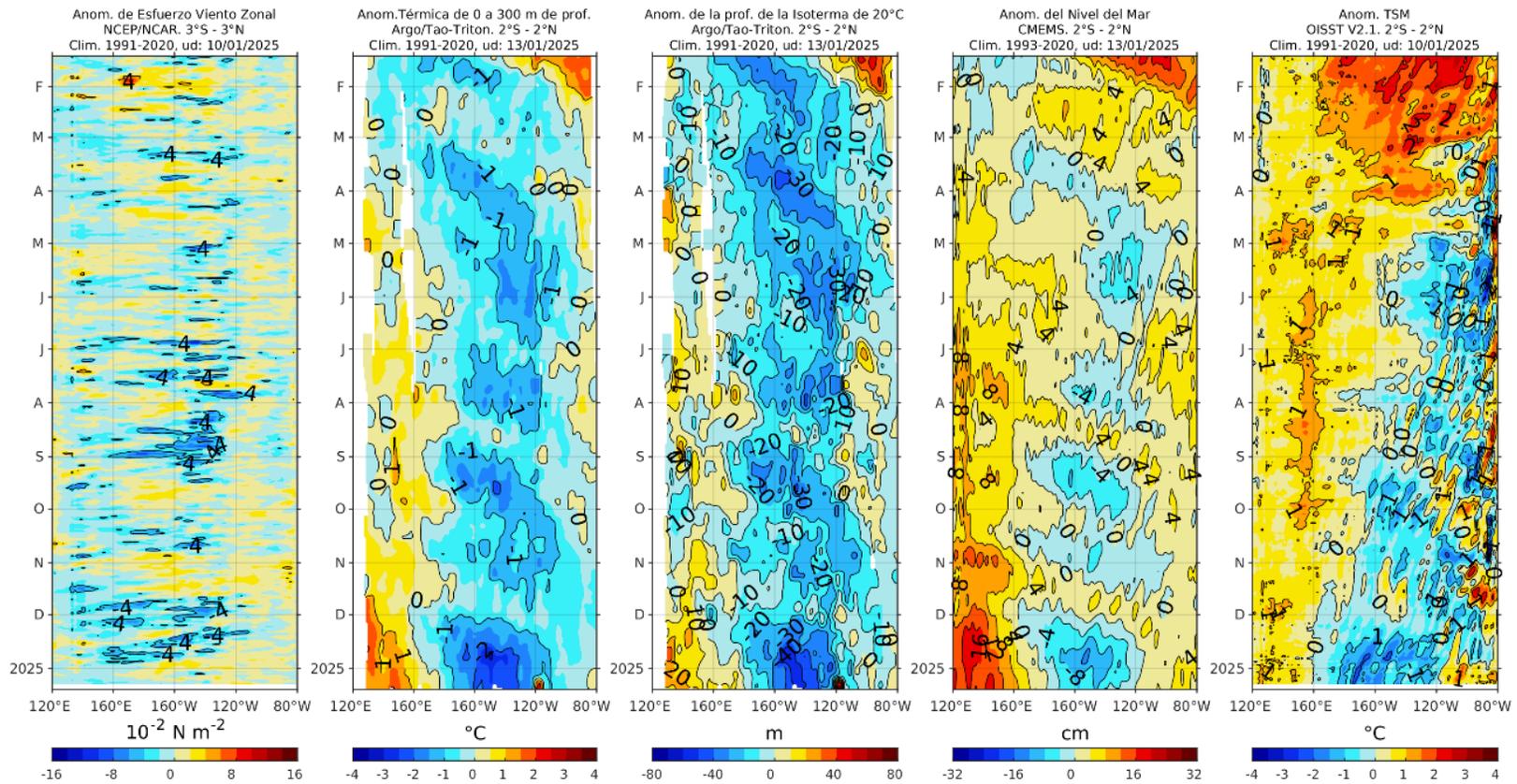


Figura 4. Diagrama Hovmöller de a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ECMWF-ASCAT; b) anomalía térmica sobre los 300 m de profundidad. Fuente: ARGO; c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO; d) anomalía de corrientes geostroficas (cm). Fuente: CMEMS. Fuente: OISST V2.1. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

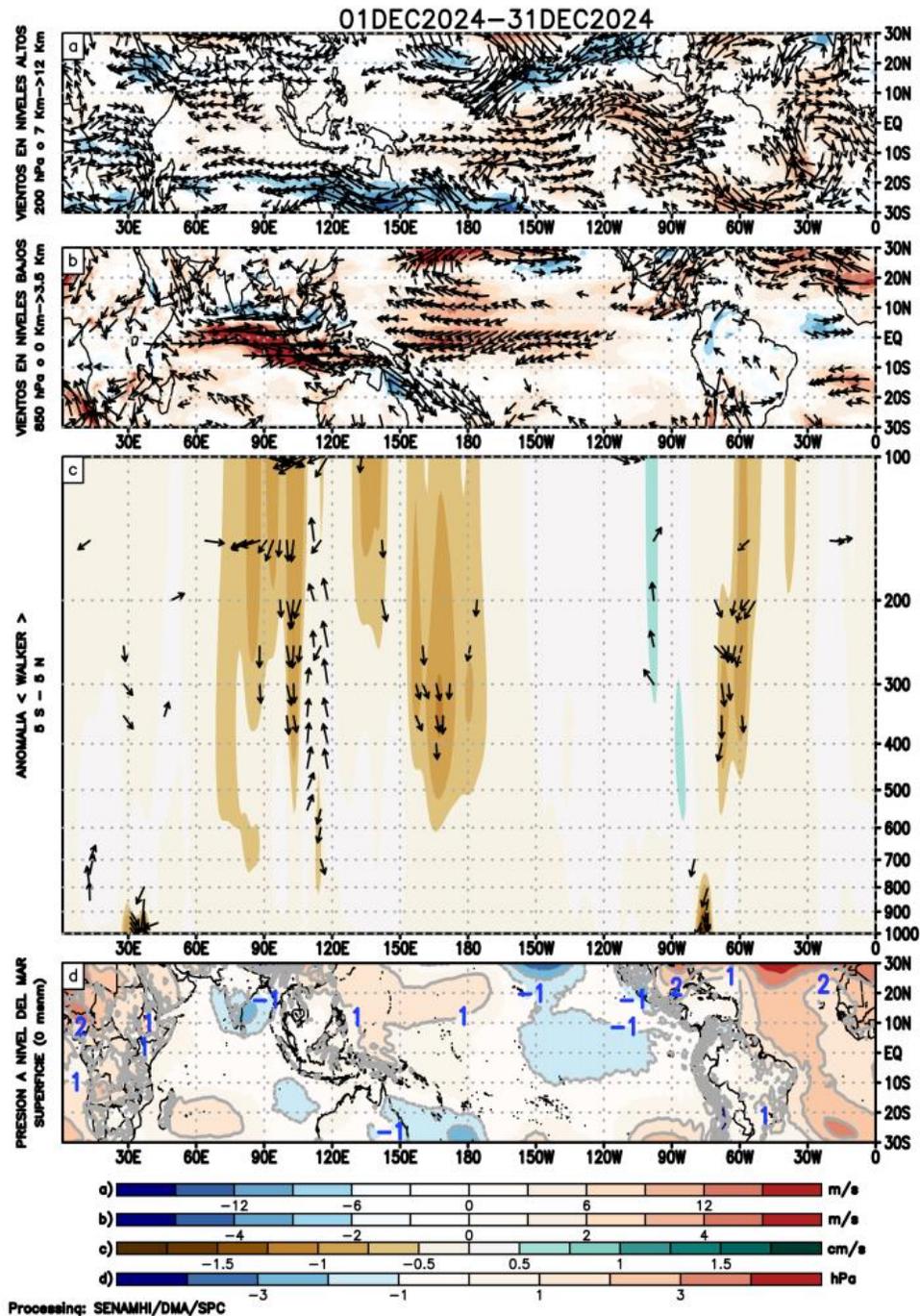
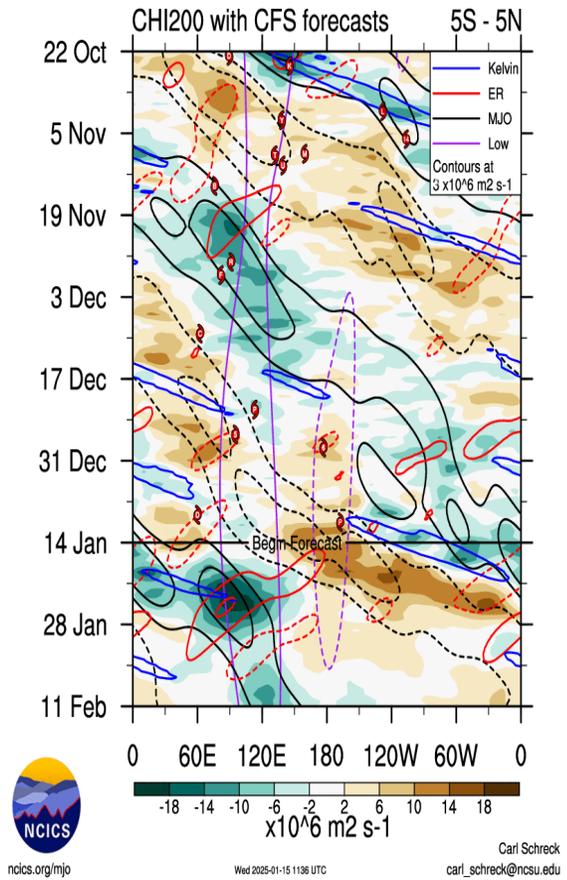
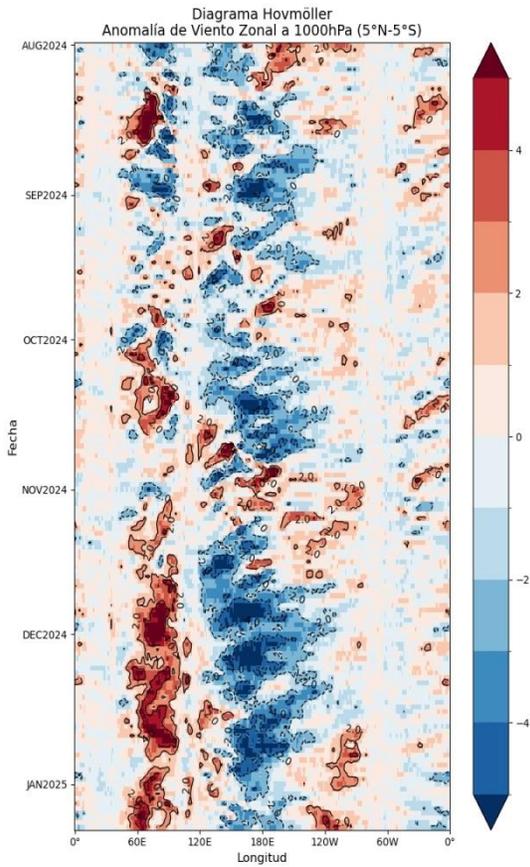


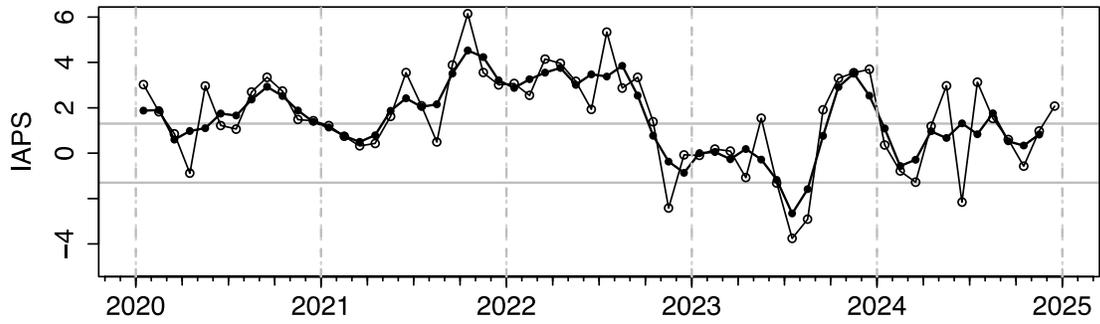
Figura 5. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) en el mes de diciembre de 2024: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.



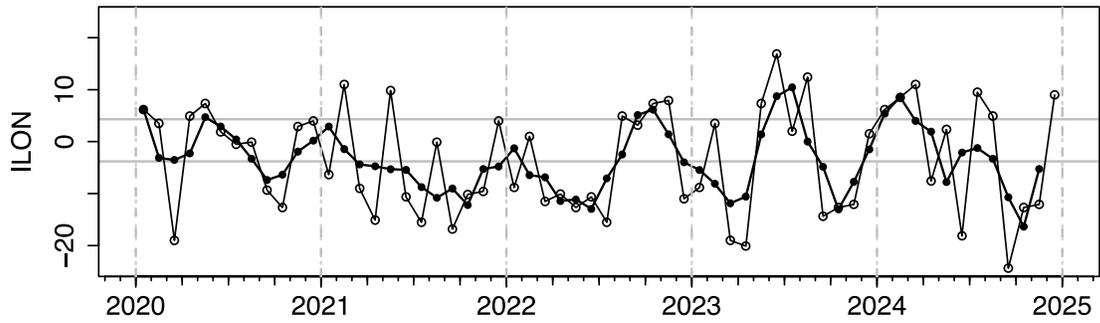
a)

b)

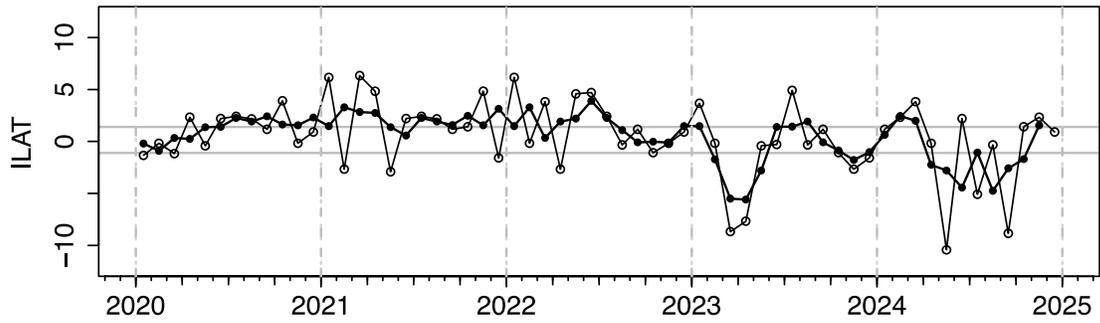
Figura 6. Anomalías promedio de viento zonal y velocidad potencial entre los 5°N y 5°S (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) velocidad potencial en 200 hPa. Fuente: ERA5 (2a) y CFS (2b). Procesamiento: SENAMHI.



(a)



(b)



(c)

Figura 7. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre OND 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta 10 de enero 2025. Climatología 1991 – 2020.

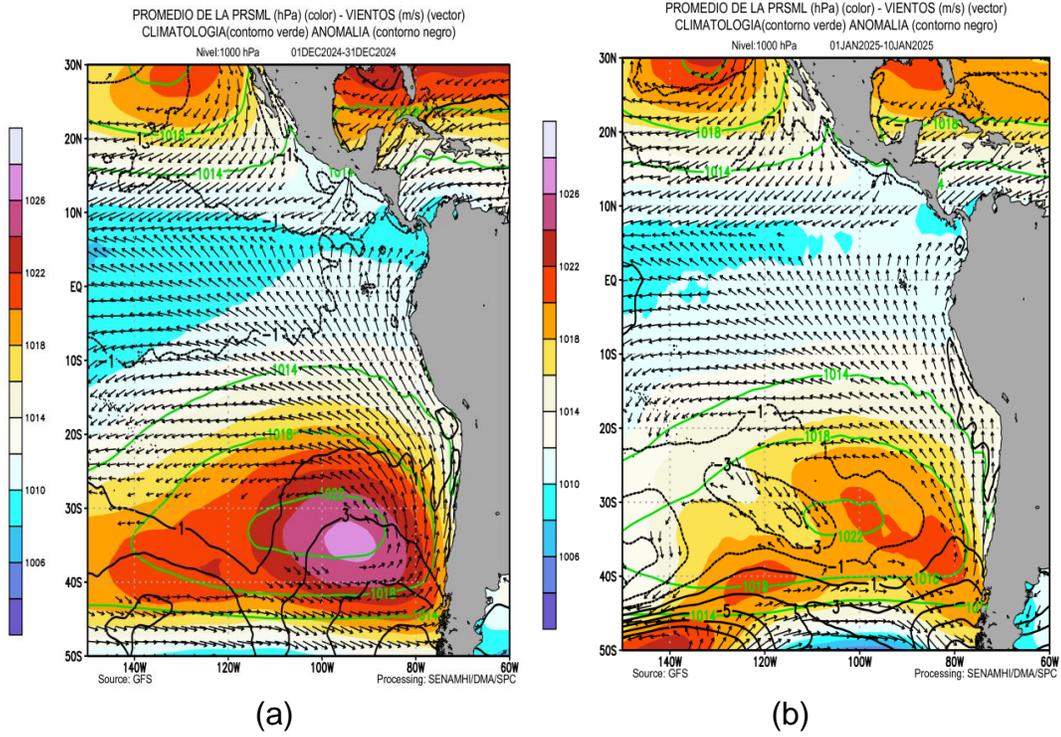


Figura 8. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 30 de diciembre (a) de 2024 y 01 al 10 de enero (b) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa ($m s^{-1}$, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

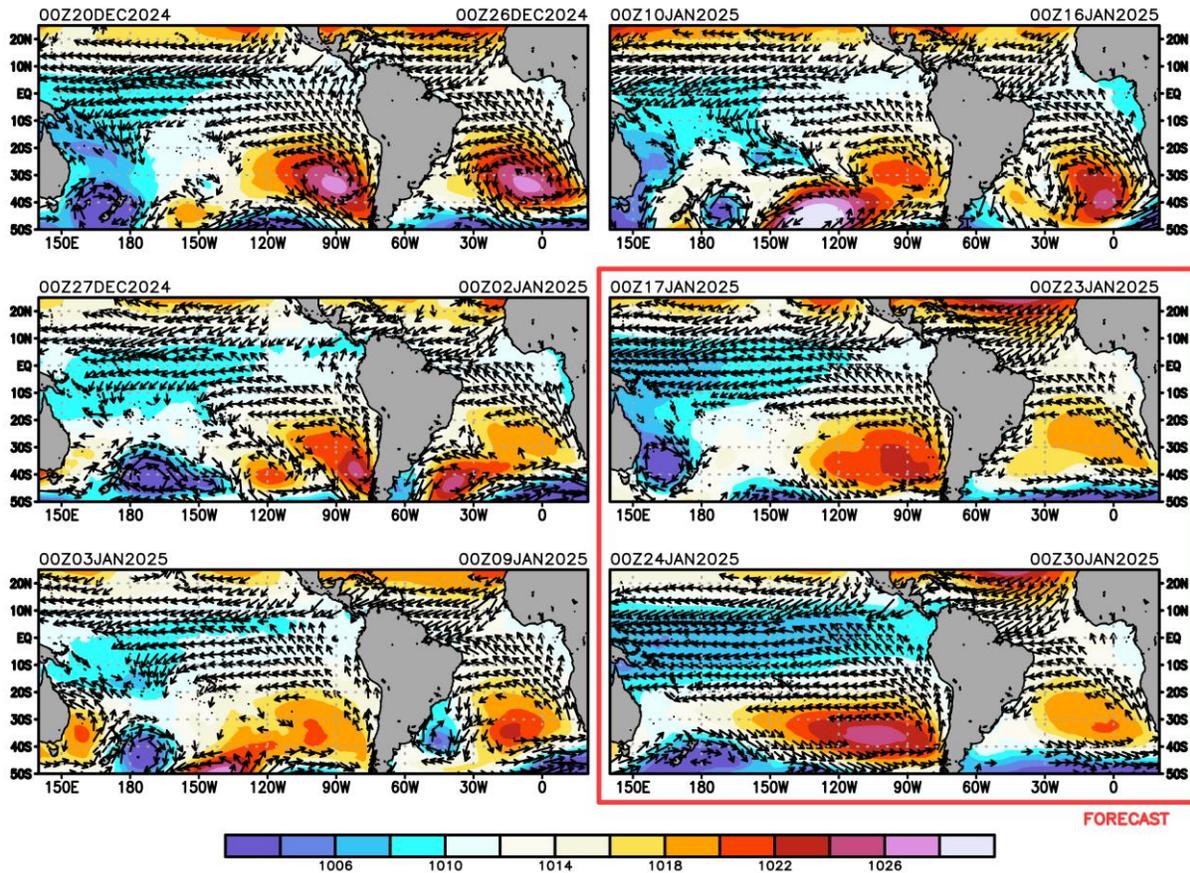


Figura 9. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 20 de diciembre del 2024. Pronóstico: del 17 al 30 de enero del 2025. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

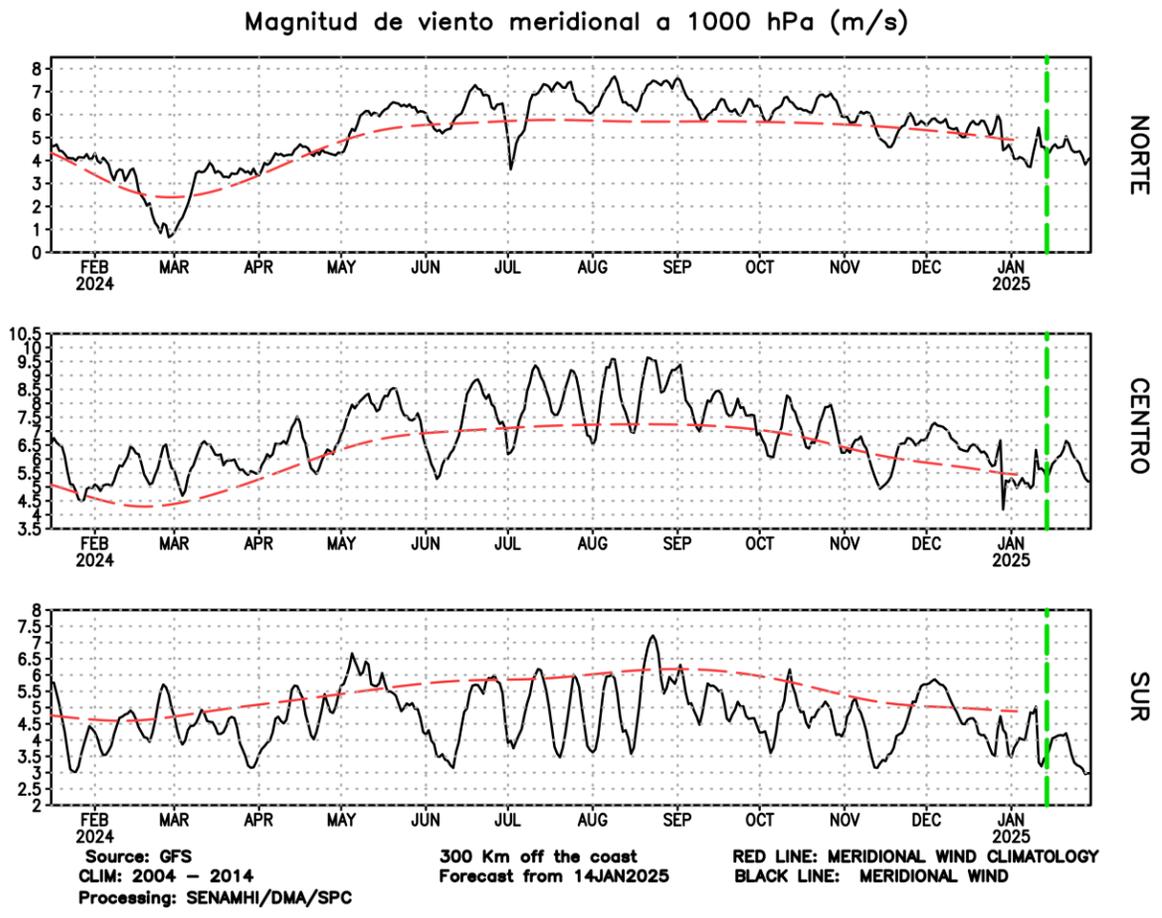
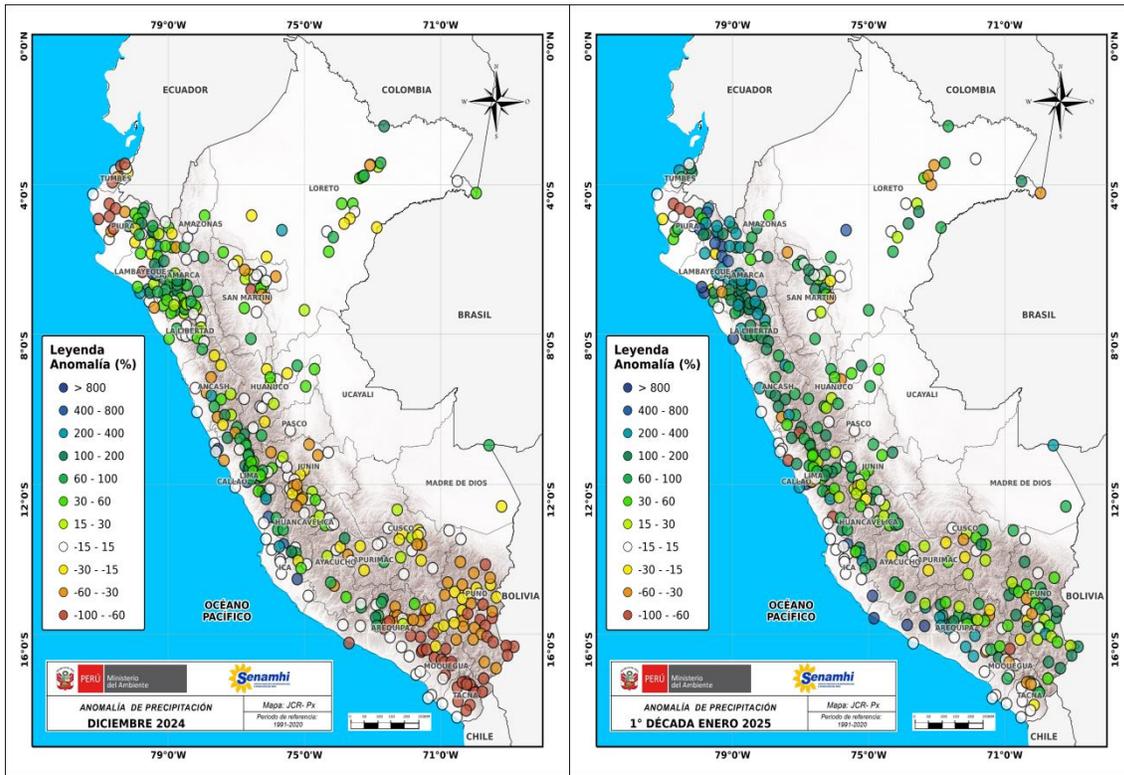


Figura 10. Magnitud de viento meridional (línea negra sólida) y Climatología (línea roja discontinua) ($m s^{-1}$) a 1000 hPa frente a la costa norte, centro y sur del Perú (300 Km fuera de la costa). Fuente: GFS. Análisis: febrero 2024 al 16 de enero de 2025. Pronóstico: del 17 al 30 de enero del 2025. Procesamiento: SENAMHI.



(a)

(b)

Figura 11. Anomalía mensual de precipitación (%) para el mes de noviembre (a) y 1-10 de diciembre (b) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

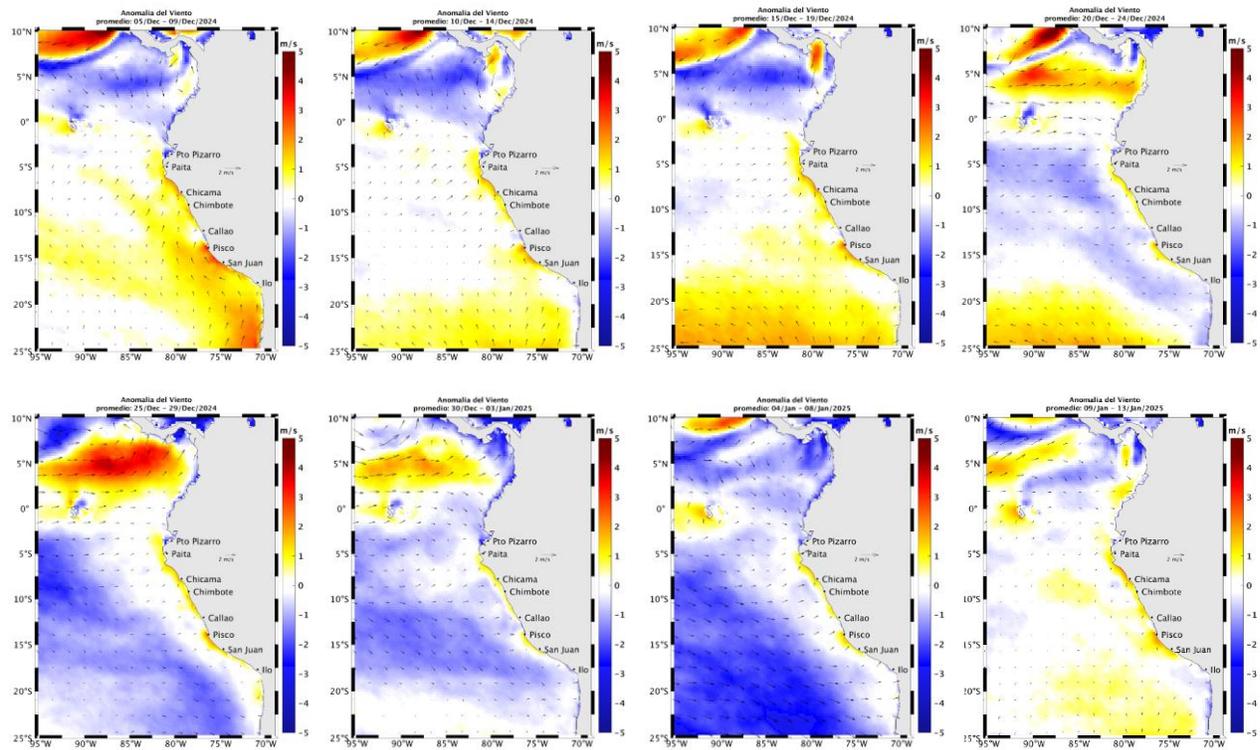
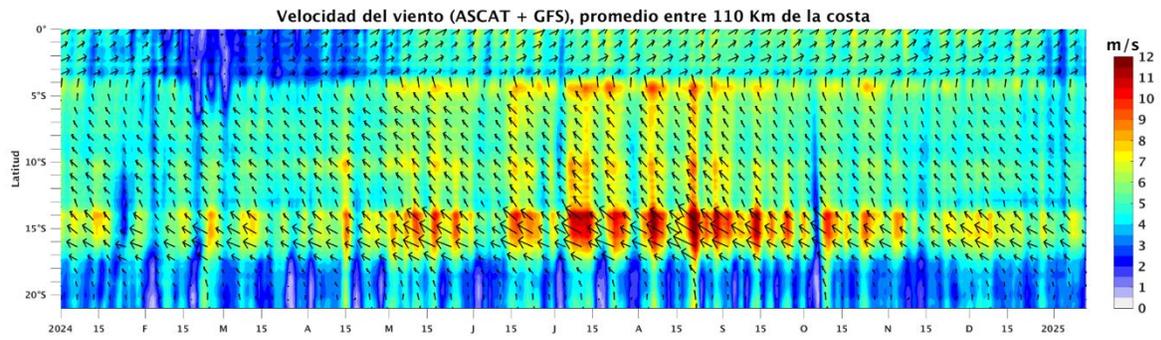


Figura 12. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de setiembre al 10 de diciembre 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

a)



b)

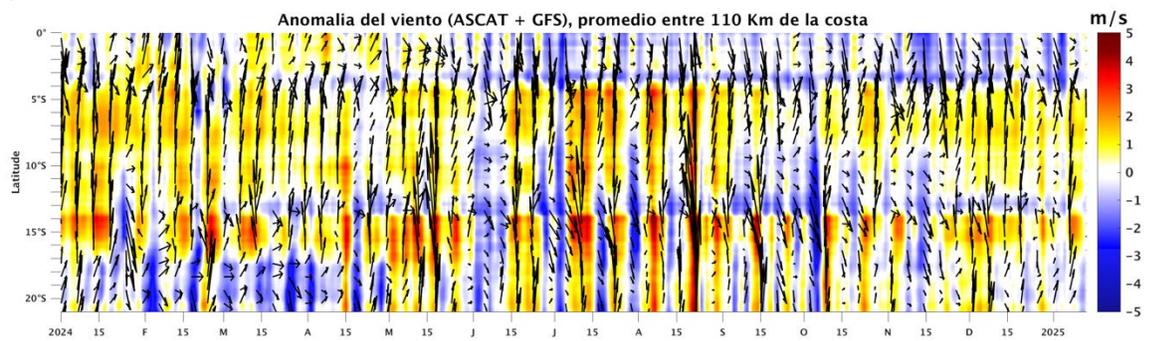


Figura 13. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: LMOECC/IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 13 de enero 2025.

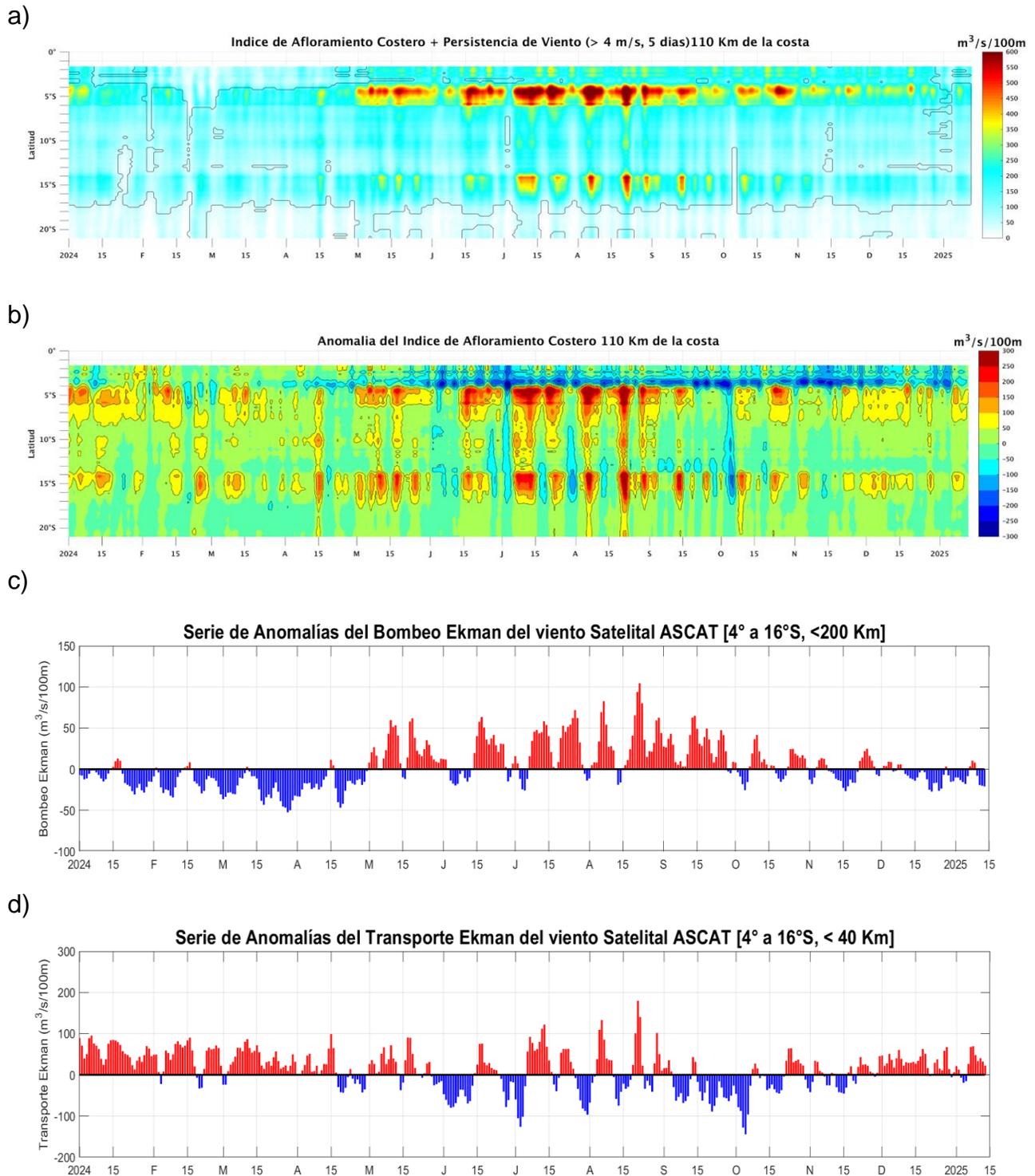


Figura 14. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman y d) Anomalia del Transporte Ekman dentro de los 200 km ($m^3 s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 13 de enero 2025.

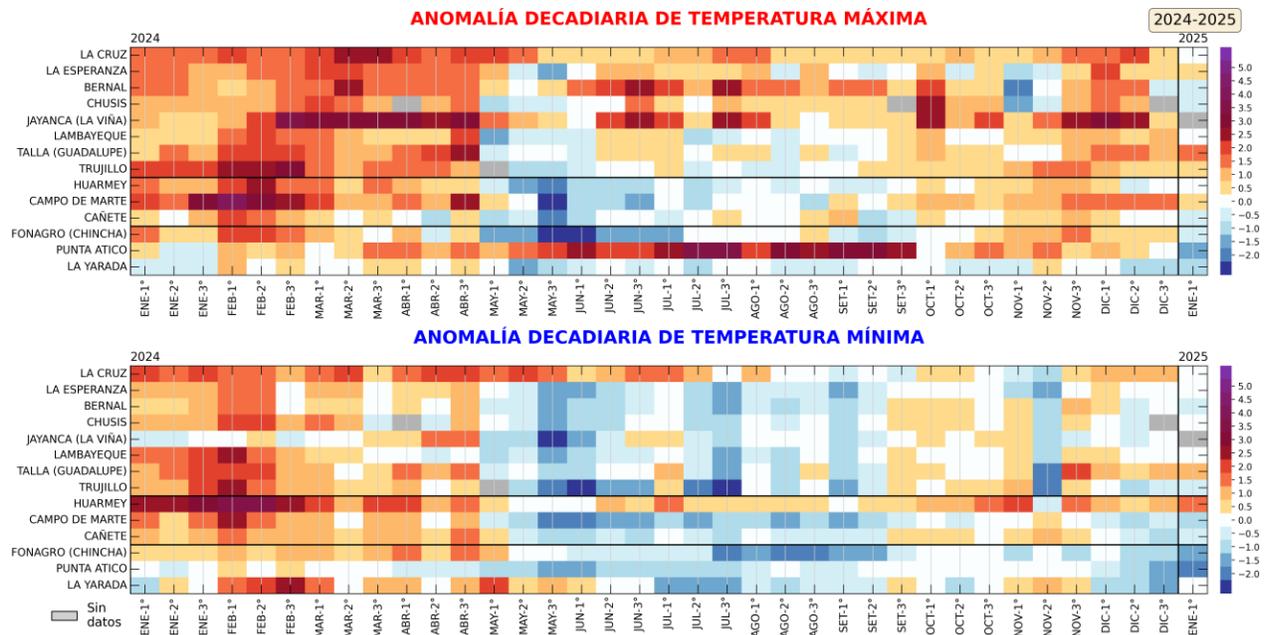


Figura 15. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

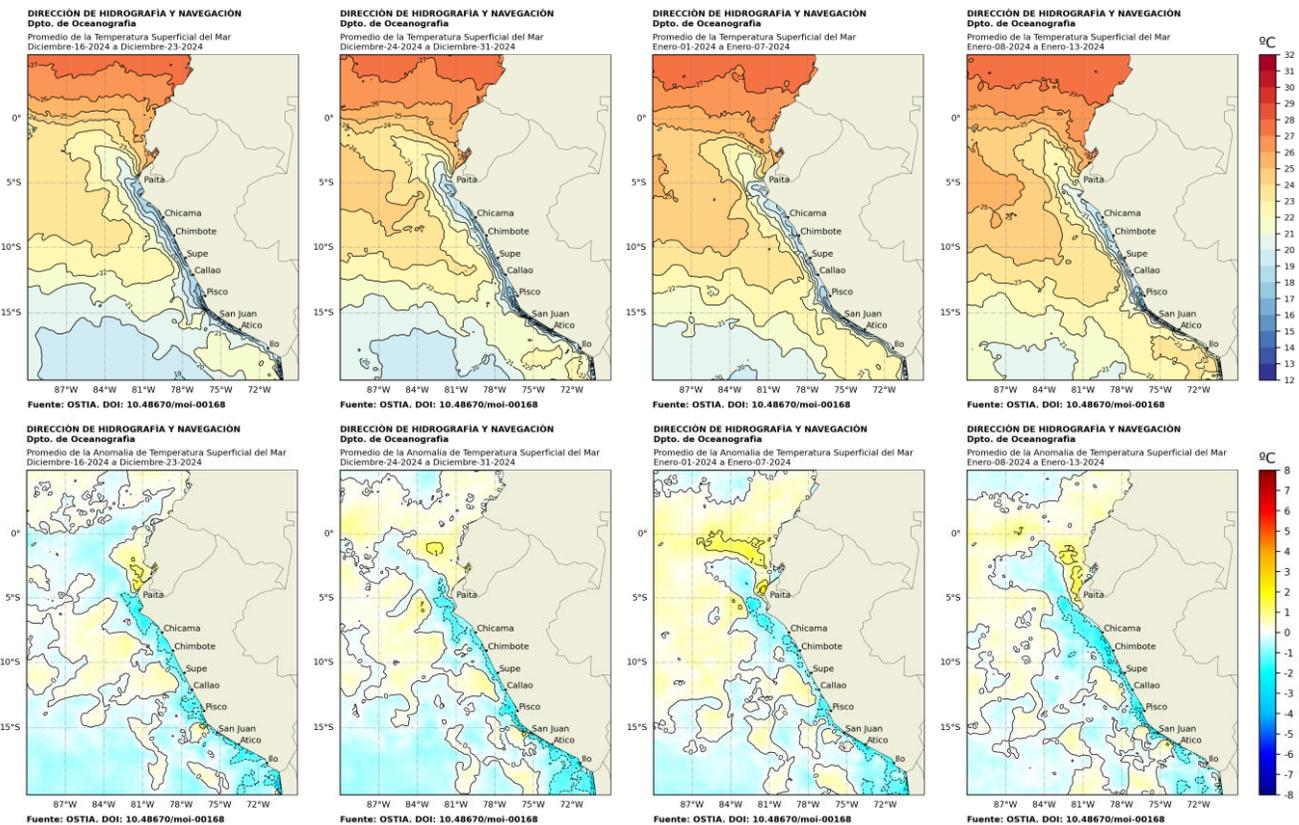
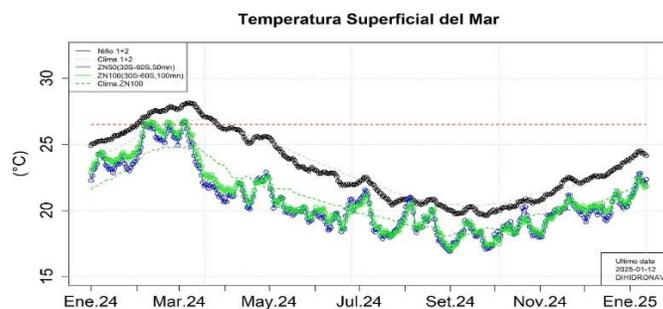


Figura 16. Distribución semanal de temperatura superficial del mar (TSM) y su anomalía, del 16 de diciembre 2024 al 13 de enero 2025. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

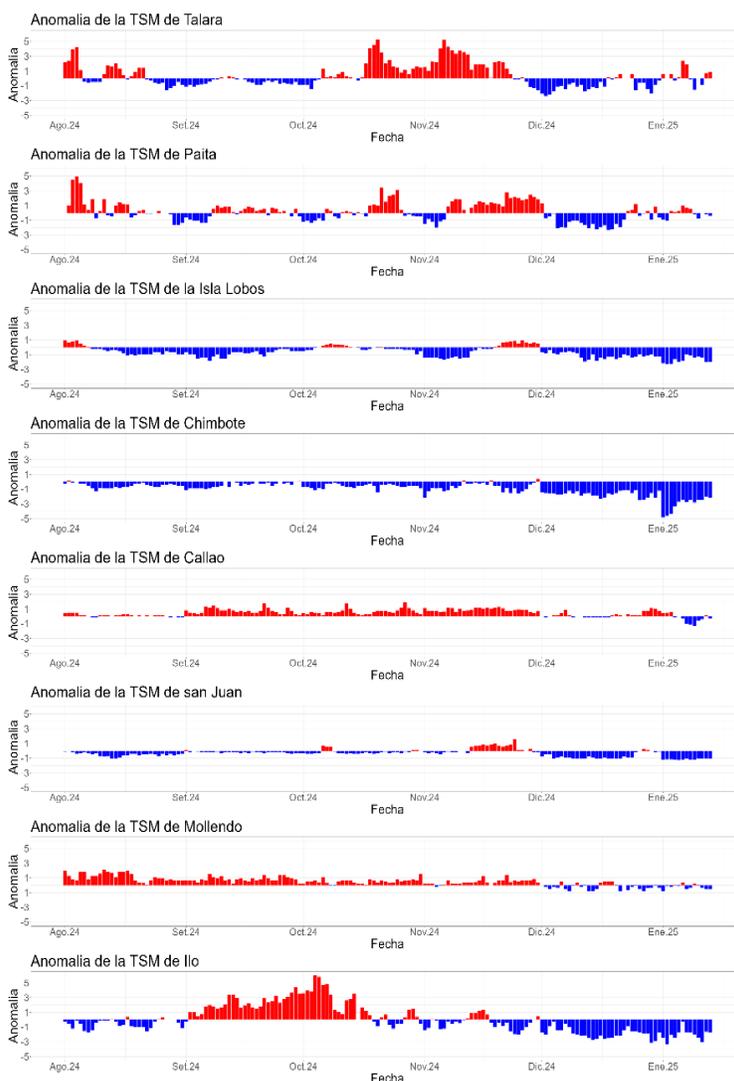


Figura 17. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S - 6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 12 de enero 2025. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 13 de enero 2025. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

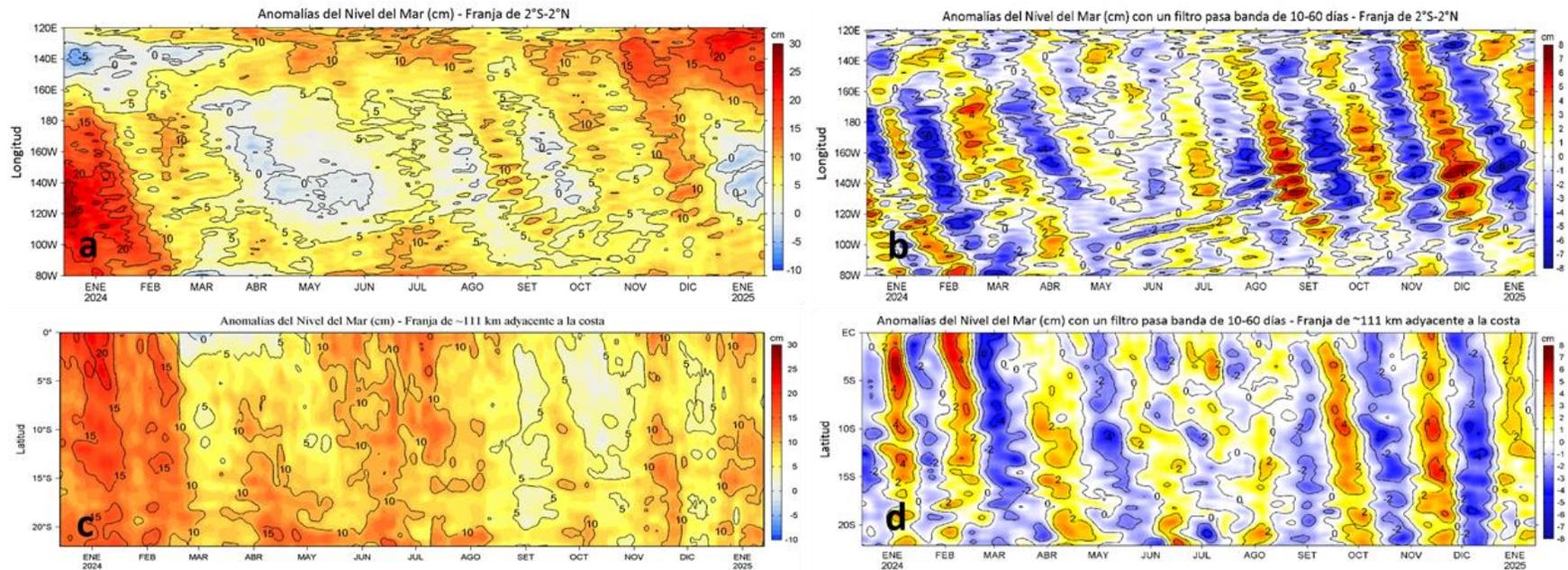


Figura 18. Variación longitudinal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) para una franja de 2°S - 2°N en el sector ecuatorial (a y b, panel superior) y variación latitudinal para una franja de 60 mn (111 km) adyacentes a la costa peruana (c y d, panel inferior), para los últimos trece meses hasta el 13 de enero 2025, sin filtrar (a, c, lado izquierdo) y con un filtro pasa-banda 10-60 días (b y d, lado derecho). Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

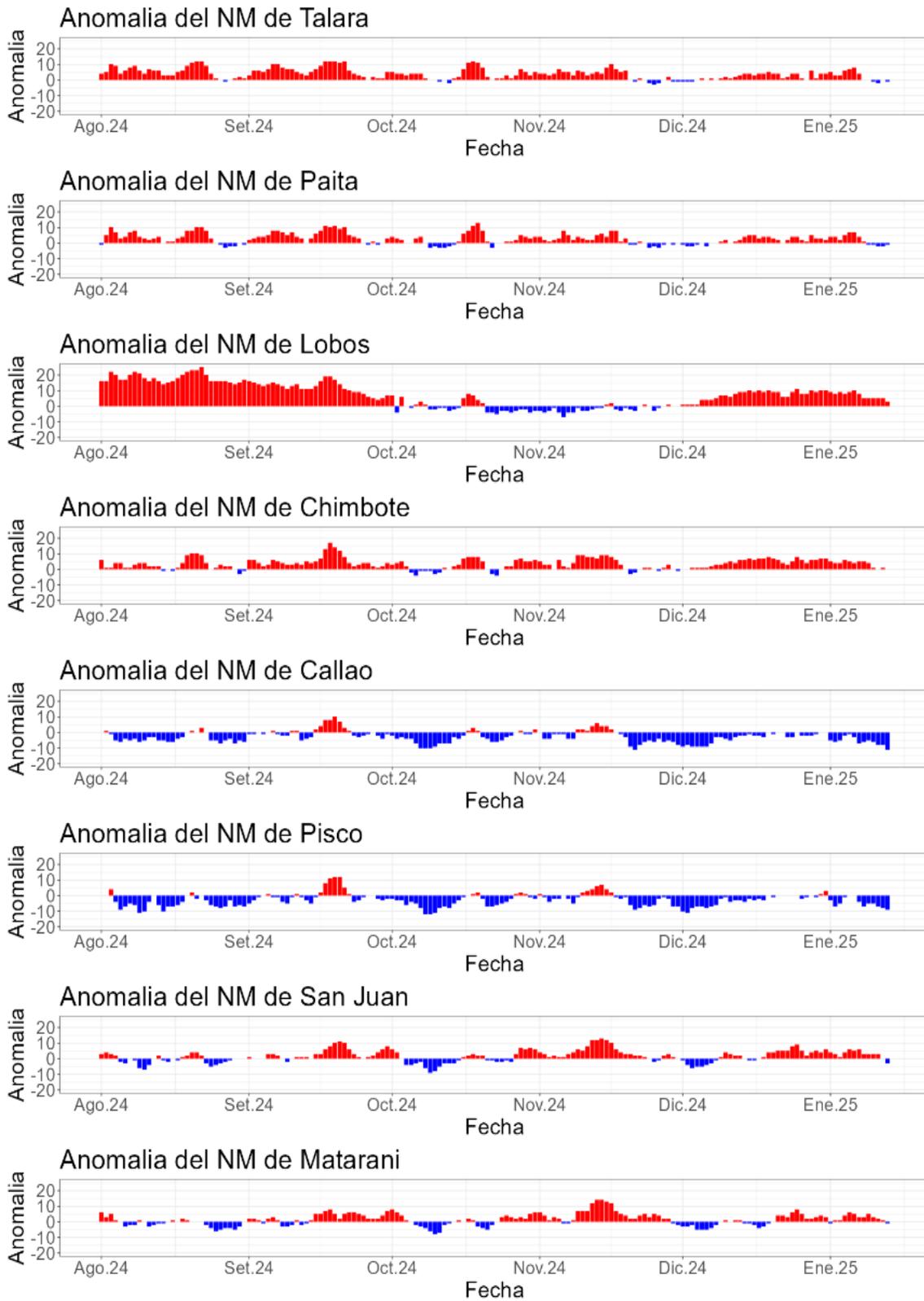
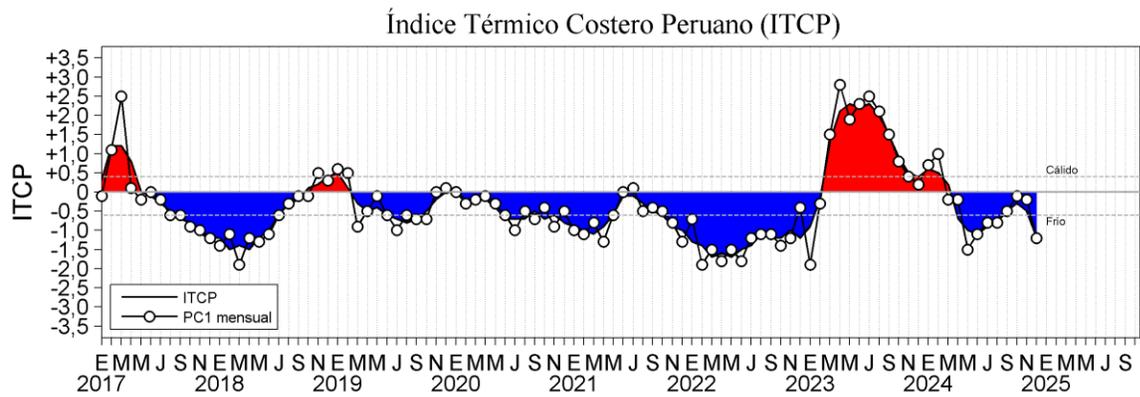


Figura 19. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de agosto 2024 al 13 de enero 2025. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

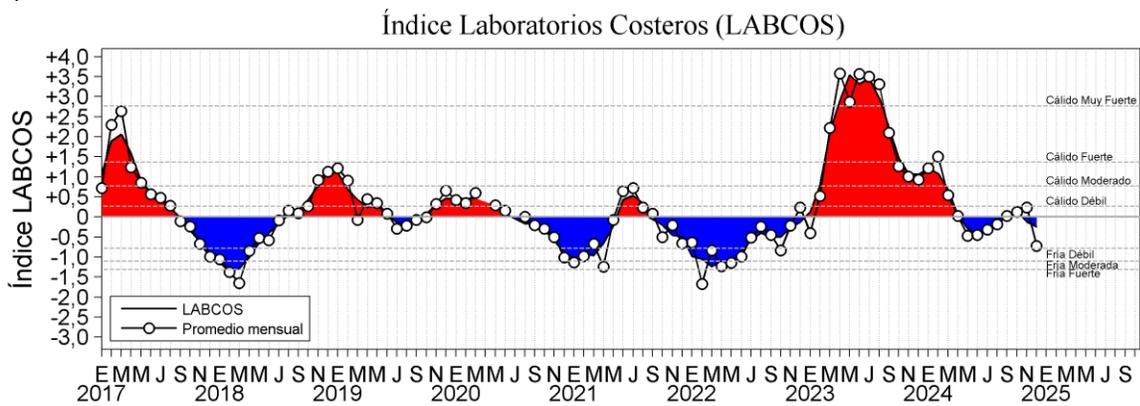


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a diciembre 2024.

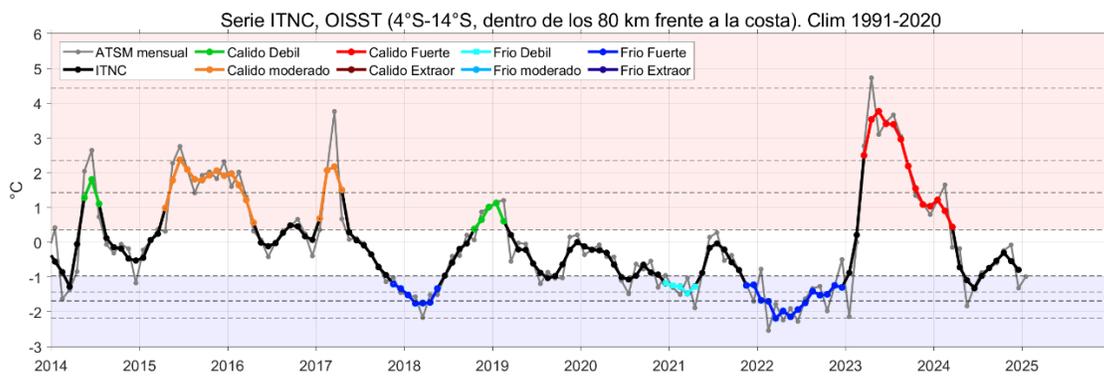
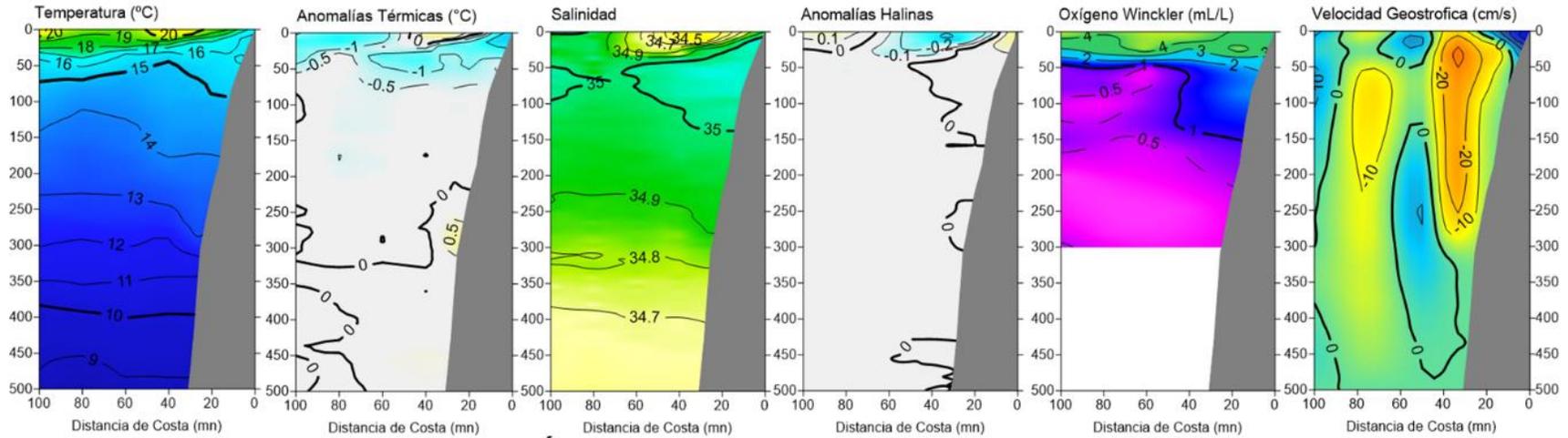


Figura 21. Serie de tiempo del Índice Térmico Norte-Centro (ITNC), en base a la media móvil de tres meses de la anomalía de TSM mensual para la banda de 40 km adyacente a la costa entre los 4°S y 14°S. Climatología 1991-2020. Fuente de datos: OISST. Umbrales: Fría Extraordinaria: -2,18; Fría Fuerte: -1,70; Fría Moderada: -1,43; Fría Débil: -0,98; Cálido Débil: 0,36; Cálido Moderado: +1,46; Cálido Fuerte: +2,36; y Cálido Extraordinario: +4,43.

SECCIÓN PAITA (21-22 de diciembre del 2024)



SECCIÓN CHICAMA (19 de diciembre del 2024)

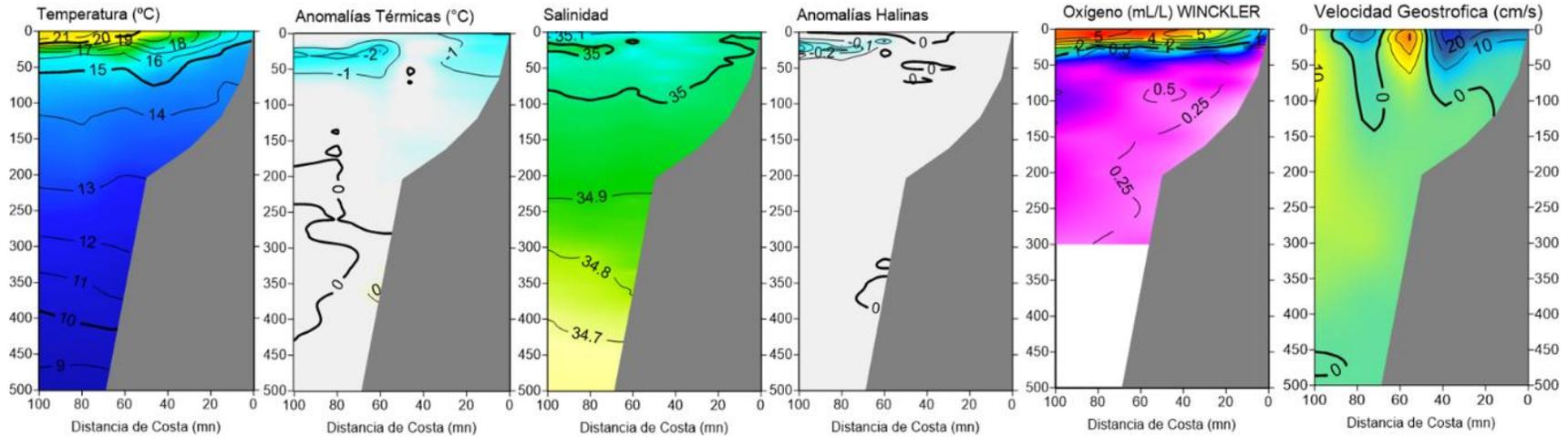


Figura 22. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paíta y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 19 y 22 de diciembre de 2024. Climatología: 1991-2020.

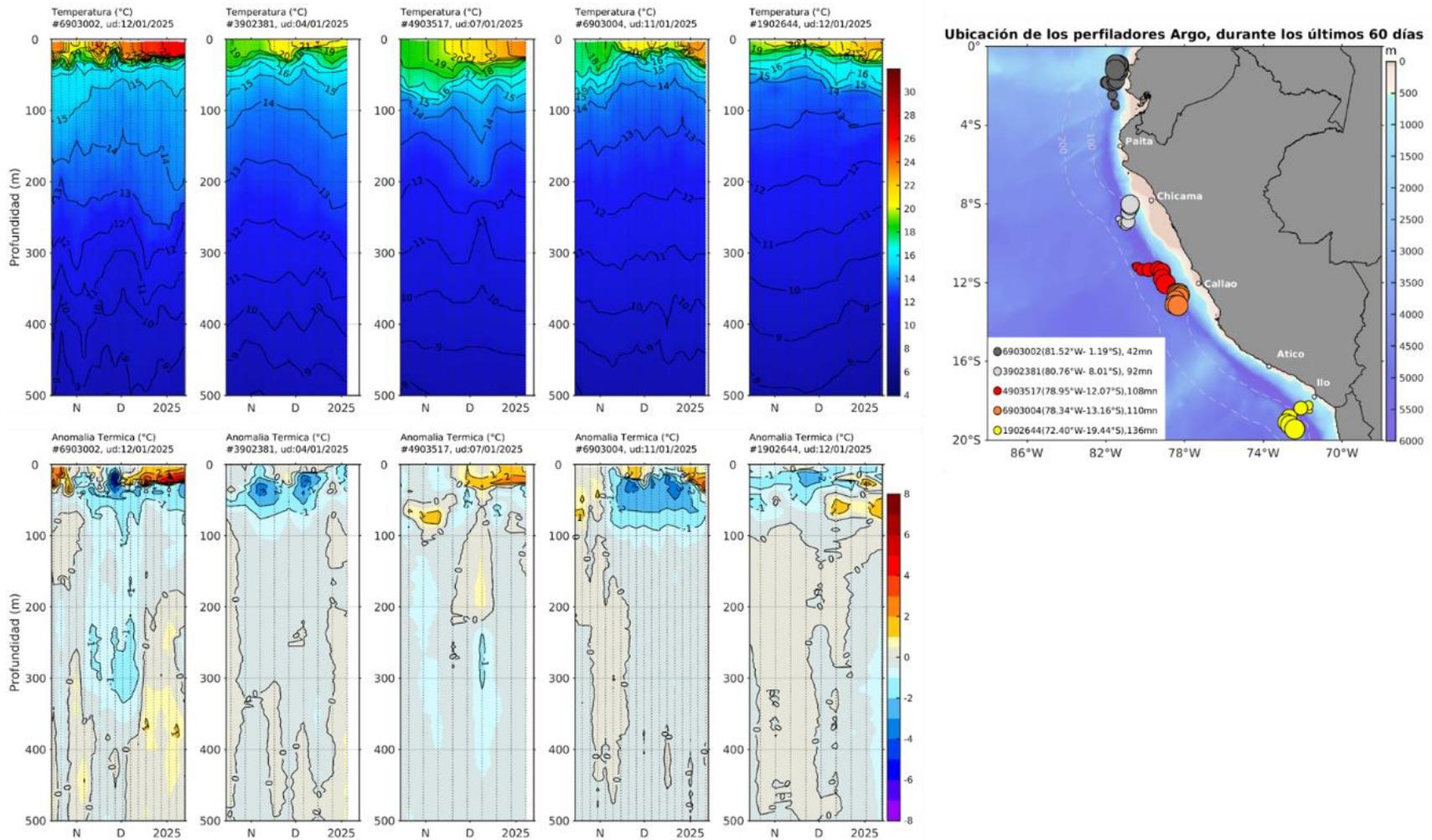


Figura 23. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (septiembre 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

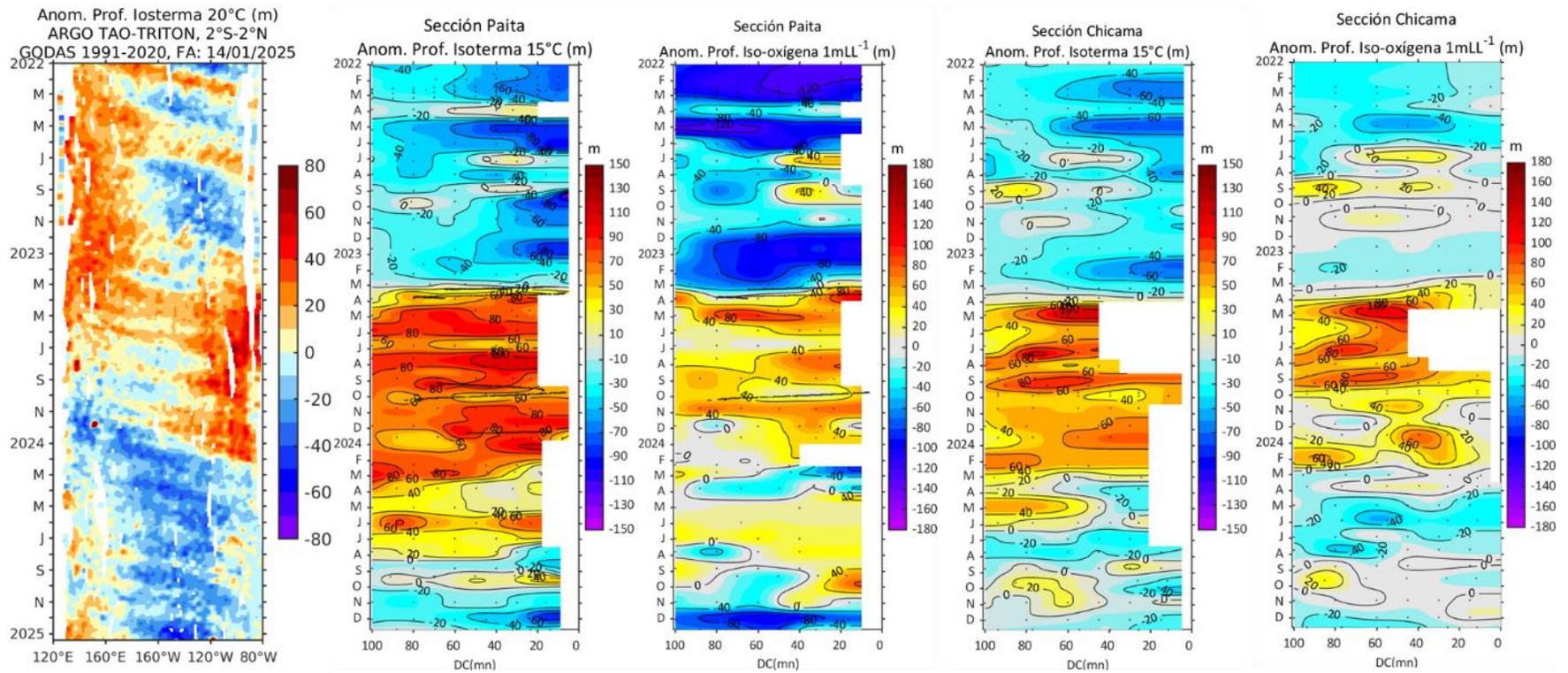


Figura 24. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacifico ecuatorial (ARGO/TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina.

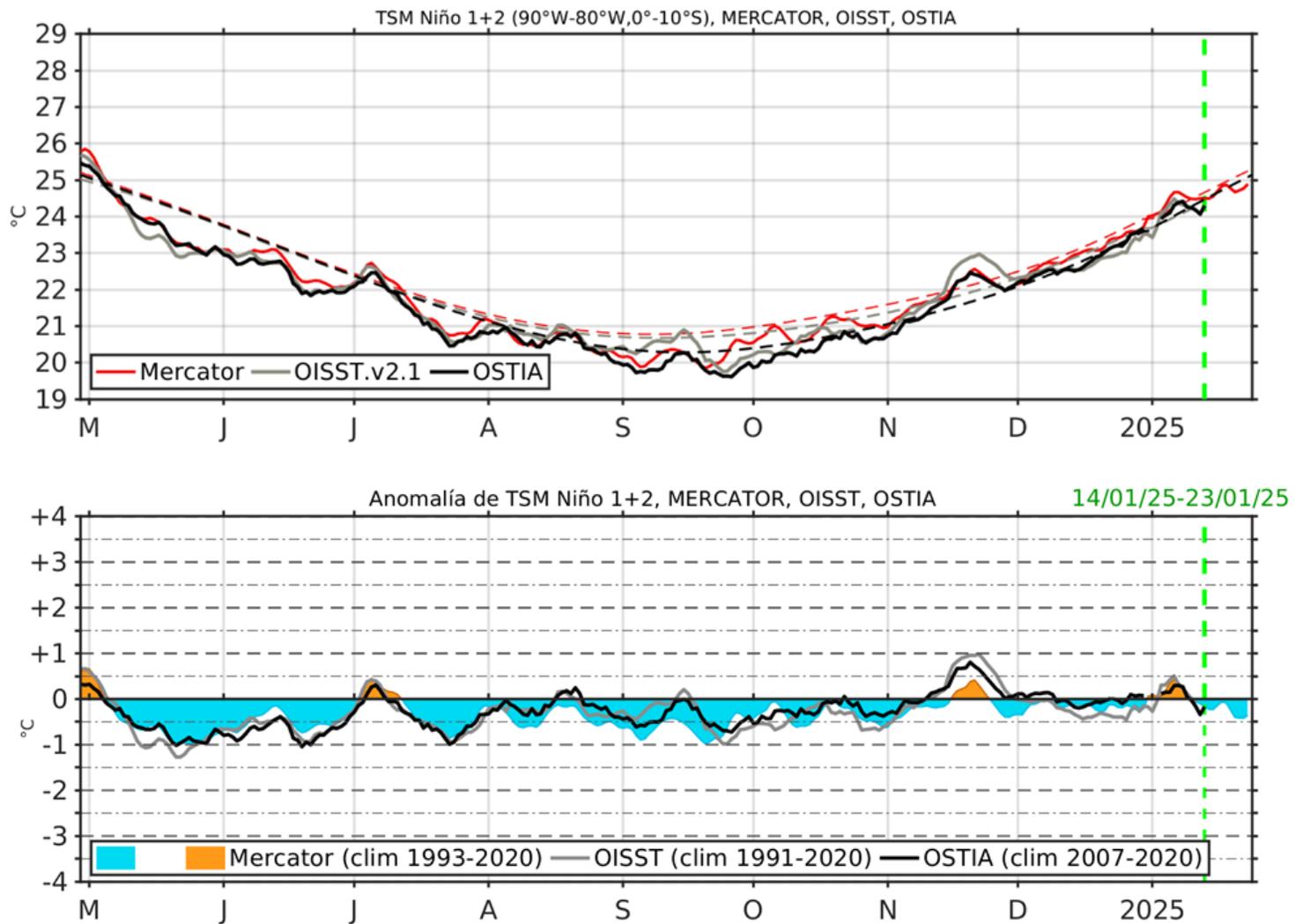


Figura 25. Temperatura superficial del Mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercator (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

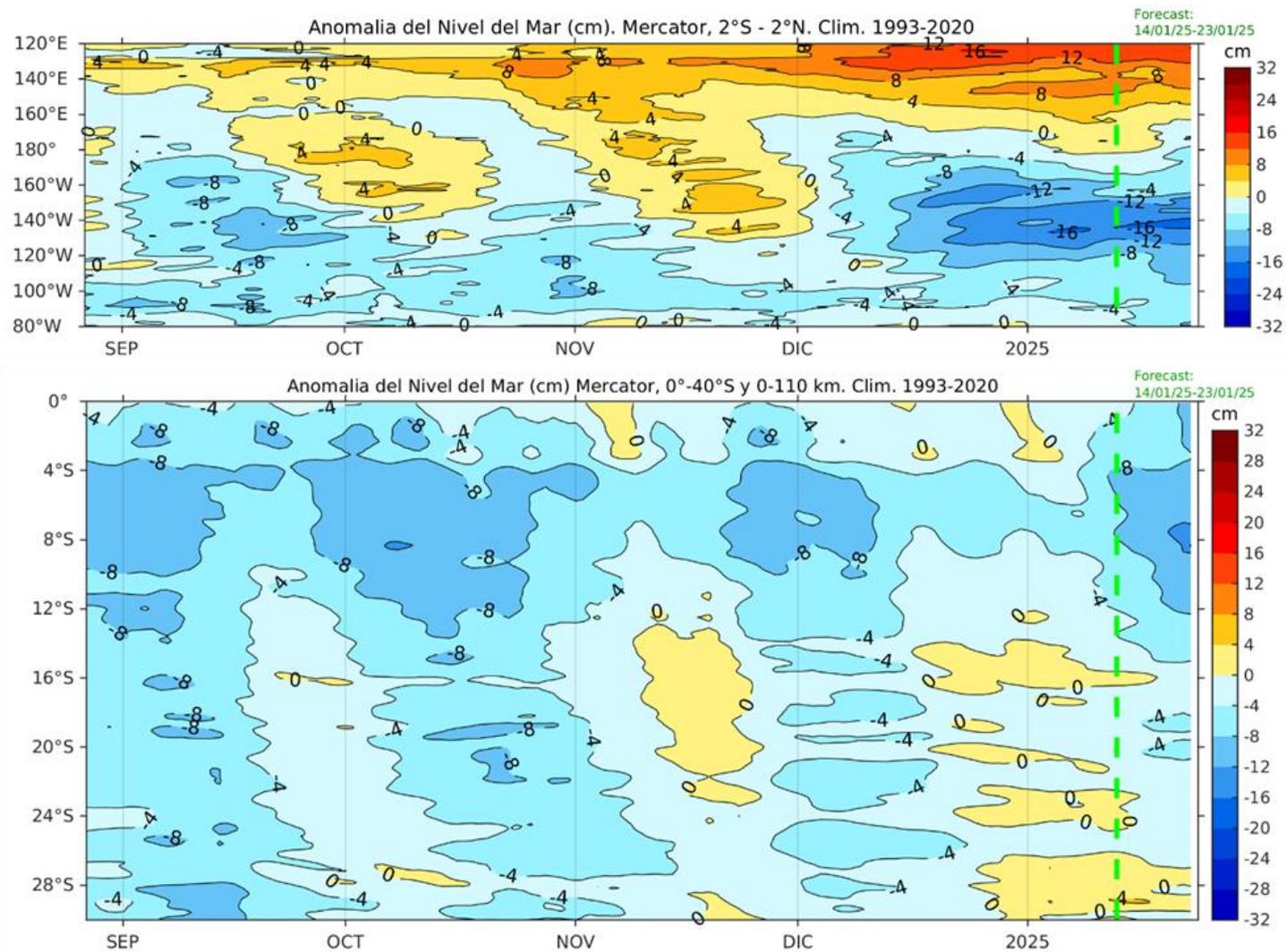


Figura 26. Anomalia de nivel del mar en el Pacifico ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

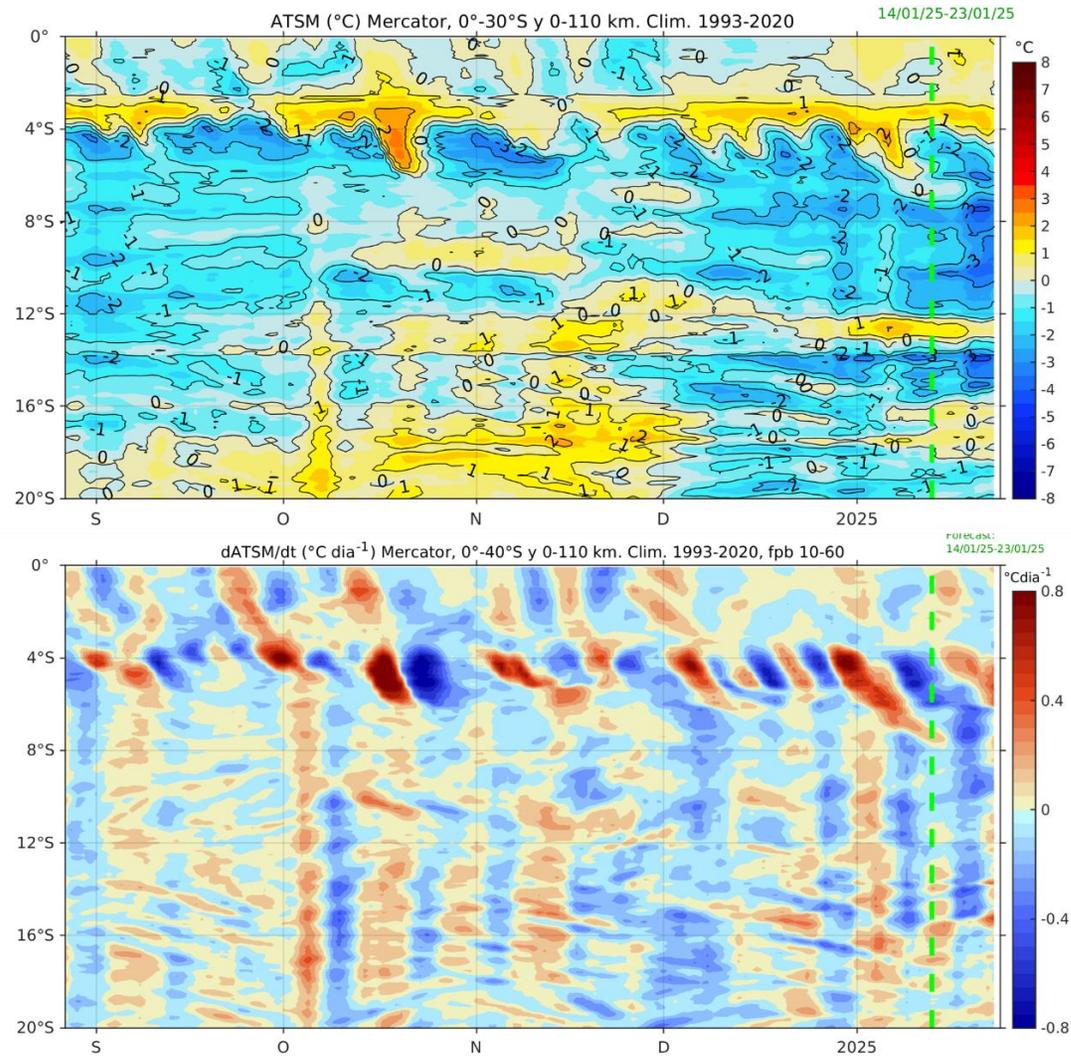


Figura 27. Anomalía de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

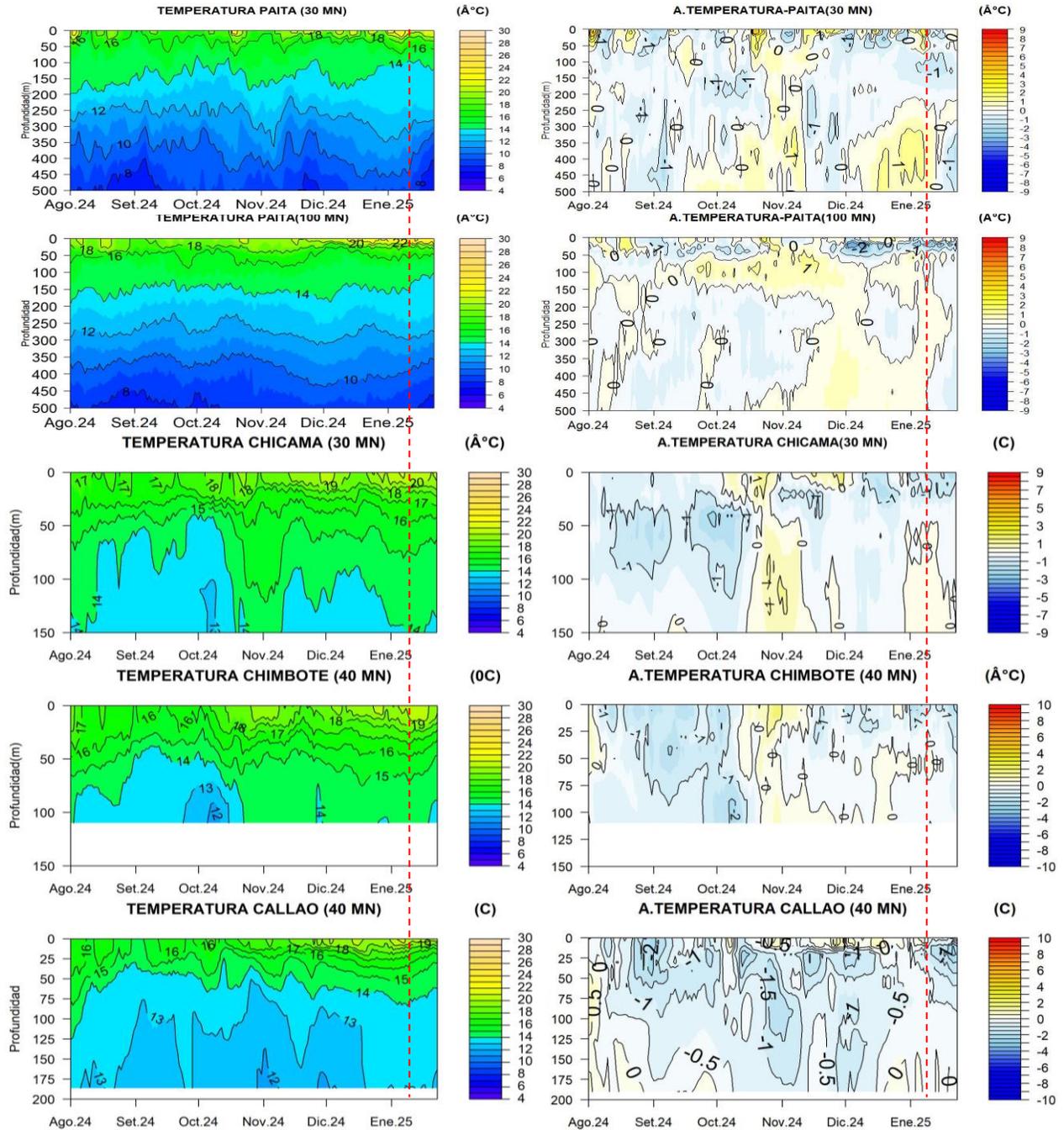


Figura 28. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paíta (30 mn), b) Paíta (100 mn), c) Chicama (30 mn), d) Chimbote (40 mn) y e) Callao (40 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

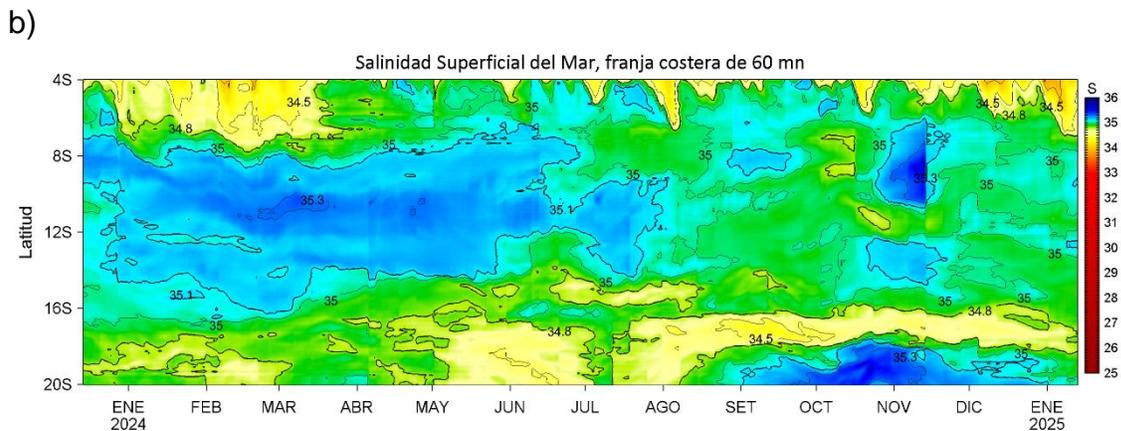
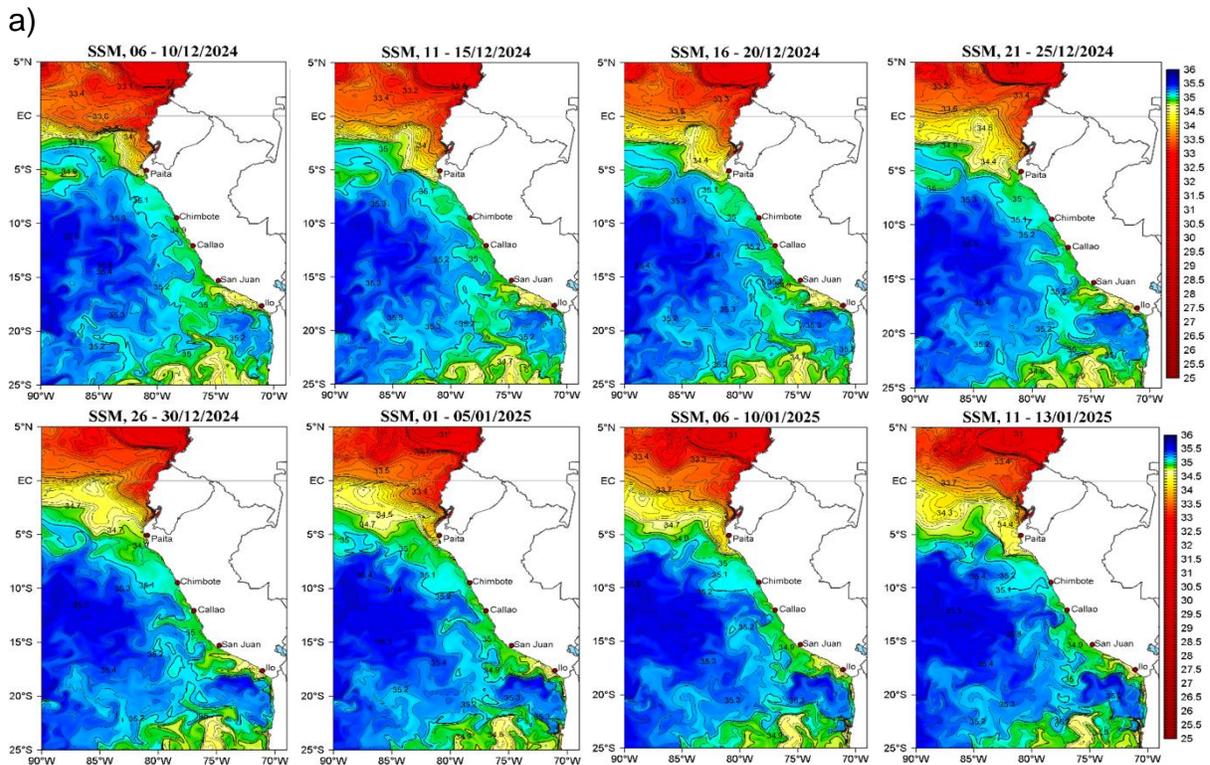


Figura 29. (a) Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 06 de diciembre y 13 de enero 2025. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 09 de diciembre 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/M/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

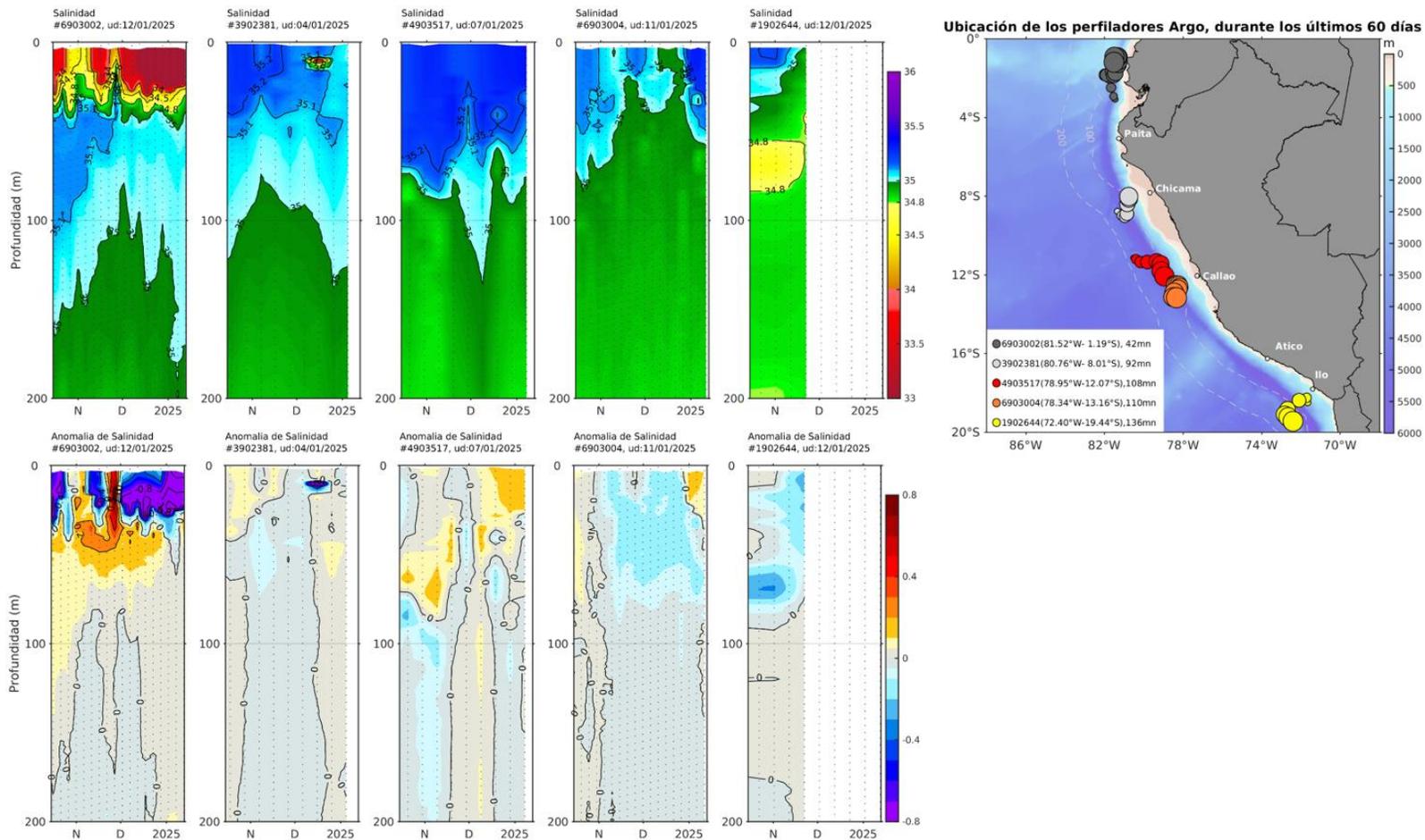
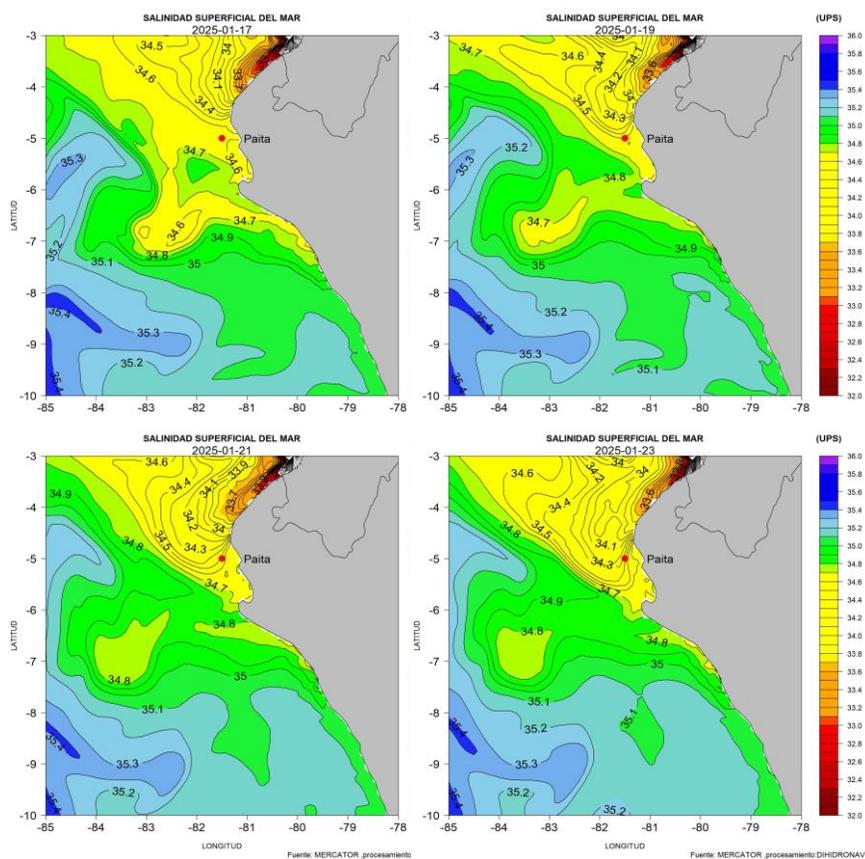


Figura 30. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

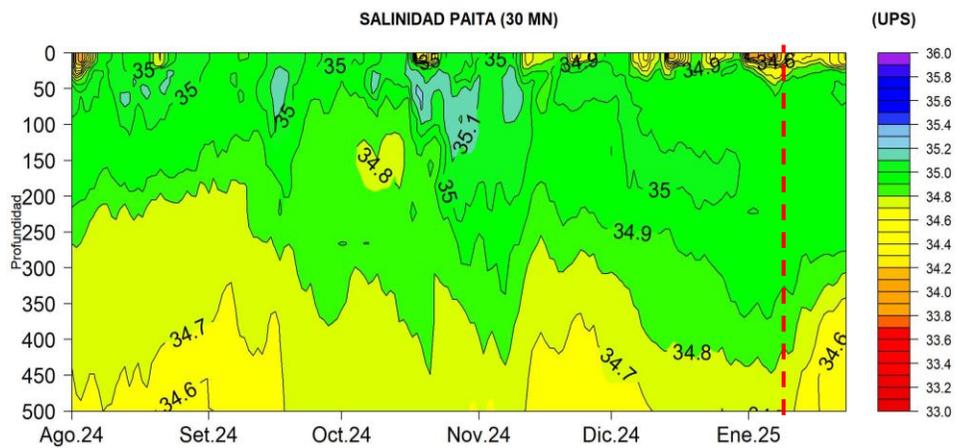


Figura 31. Pronóstico de salinidad del mar a) superficial frente a la costa norte y centro y b) subsuperficial hasta los 500 m de profundidad frente Paita (30 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

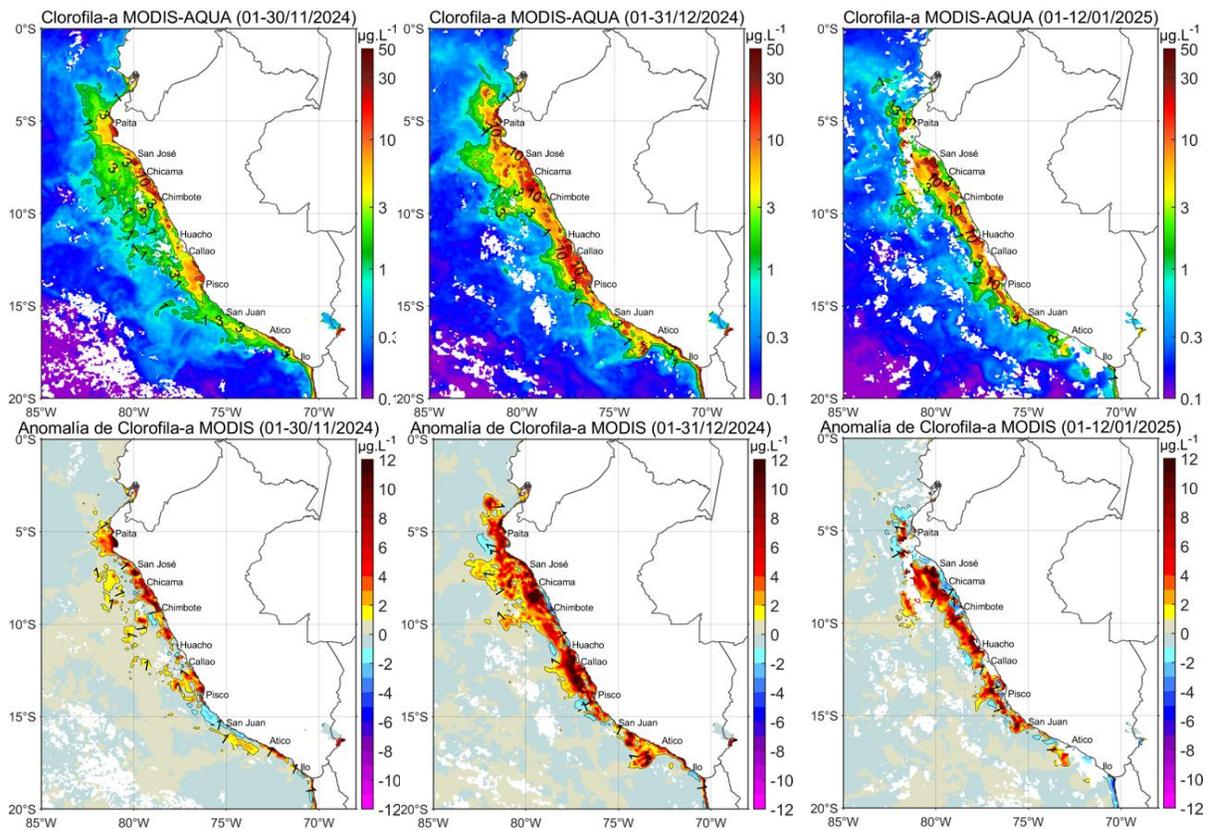


Figura 32. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, noviembre, diciembre y del 1 al 12 enero de 2025 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

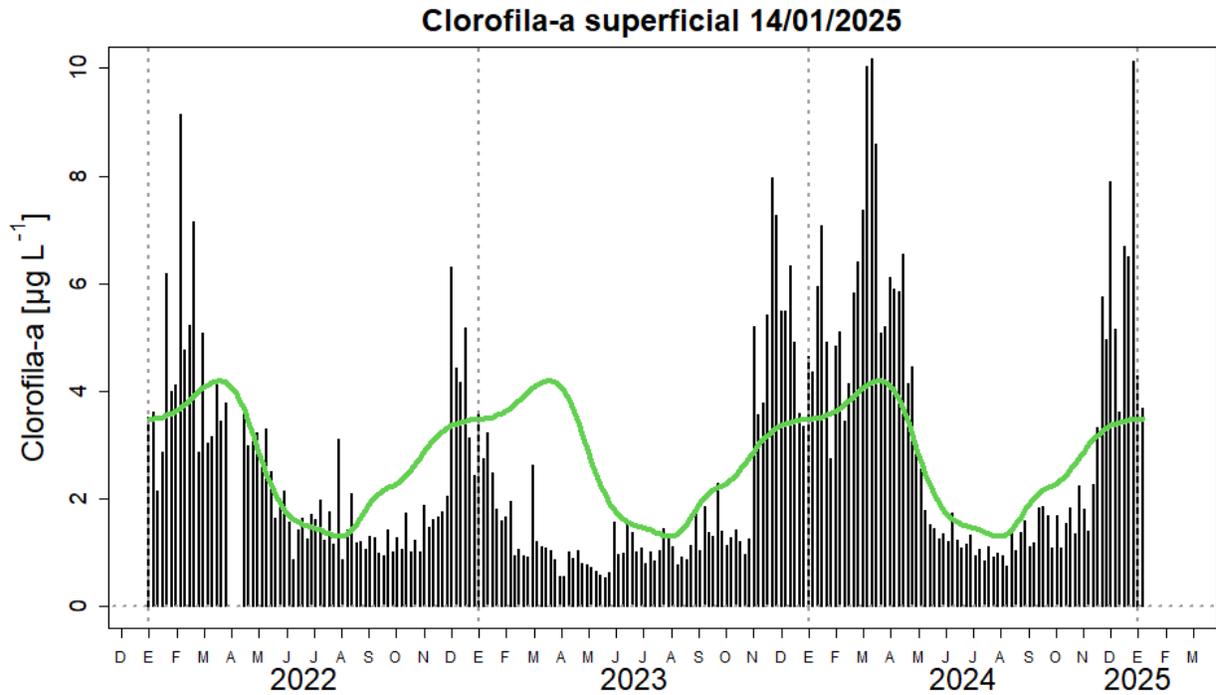


Figura 33. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre $4^{\circ}\text{S} - 16^{\circ}\text{S}$ y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

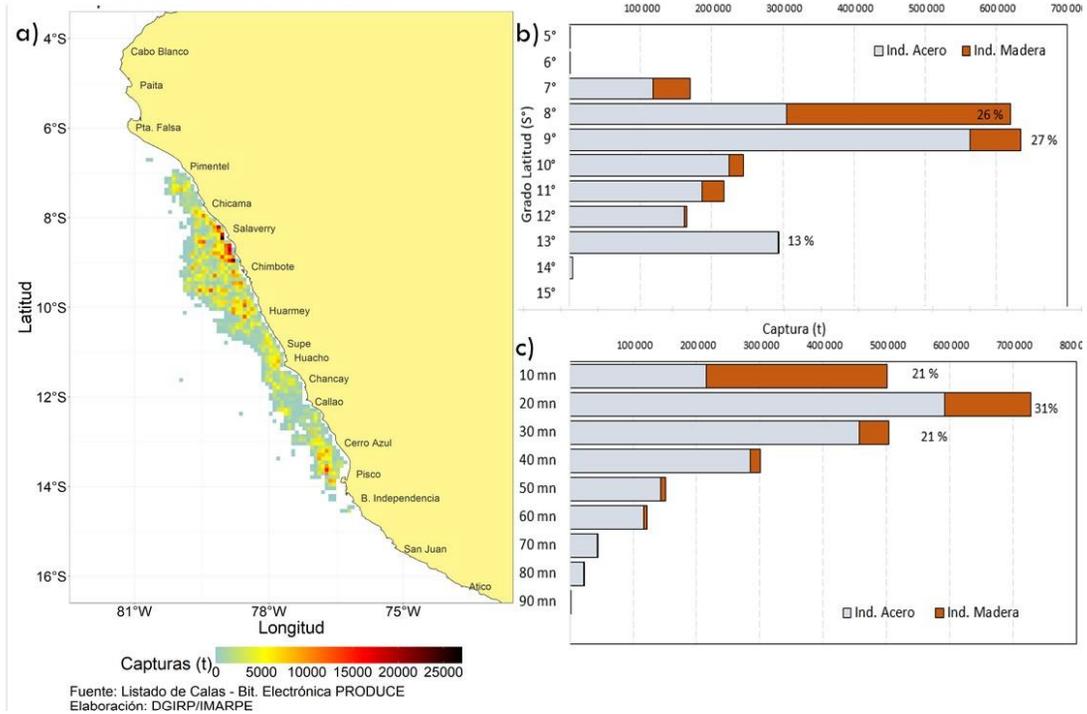


Figura 34. a) Distribución espacial de la anchoveta, b) capturas de anchoveta (t) según grado de latitud y c) capturas de anchoveta según distancia de la costa (mn) de la flota de cerco industrial, durante la segunda temporada de pesca de la región norte-centro 2024.

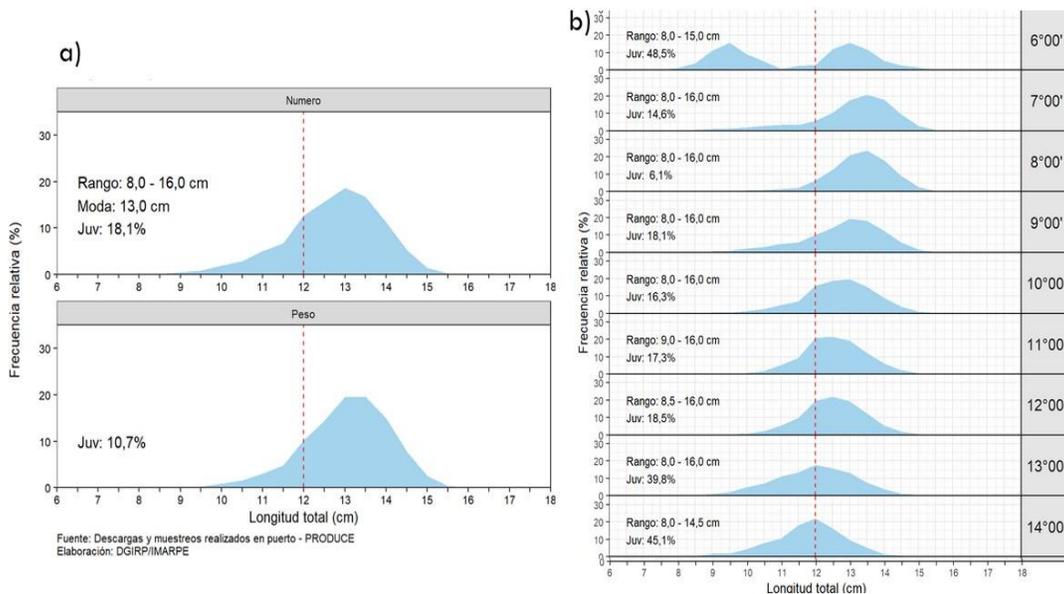


Figura 35. Estructura de tallas de anchoveta a) total, b) según grado latitudinal durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2024.

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)
Indicador de Actividad Reproductiva

FRACCIÓN DESOVANTE (FD)
Indicador del proceso de desove

ÍNDICE DE ATRESIA (IA)
Indicador de la finalización del desove

CONTENIDO GRASO (CG)
Indicador de la reserva de energía

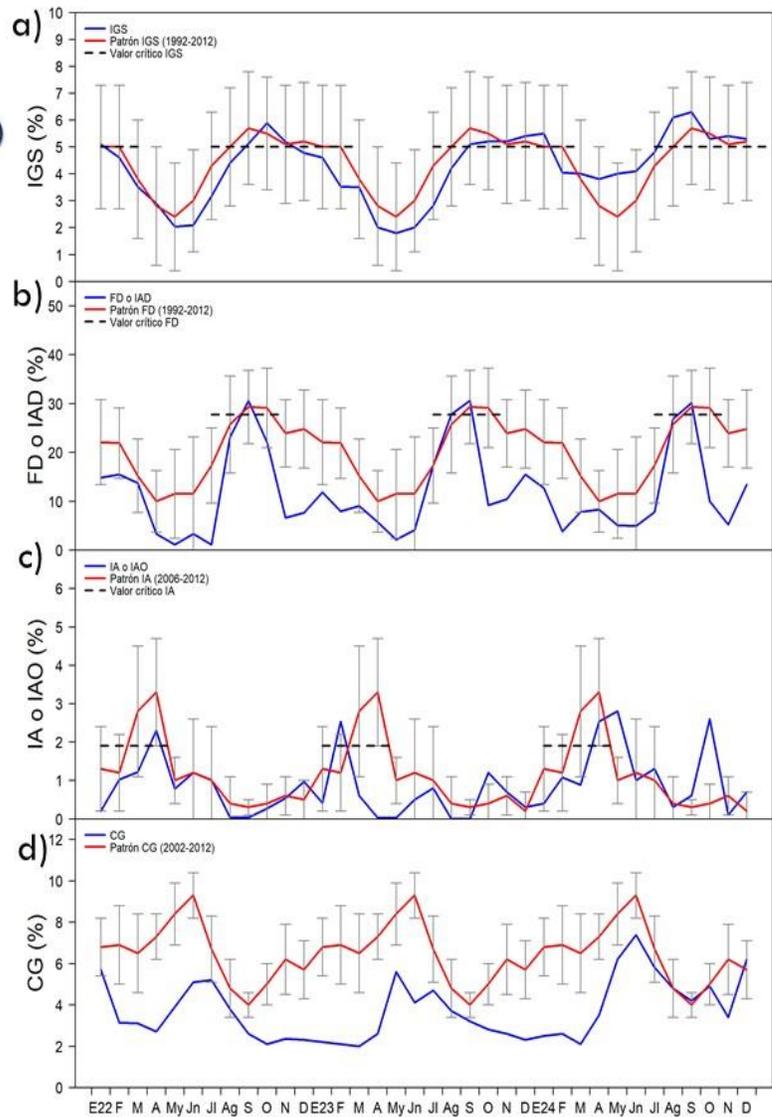


Figura 36. Indicadores reproductivos a) índice gonadosomático, b) fracción desovante, c) índice de atresia y de condición somática d) contenido graso de anchoveta peruana *Engraulis ringens* de enero del 2022 a diciembre del 2024.

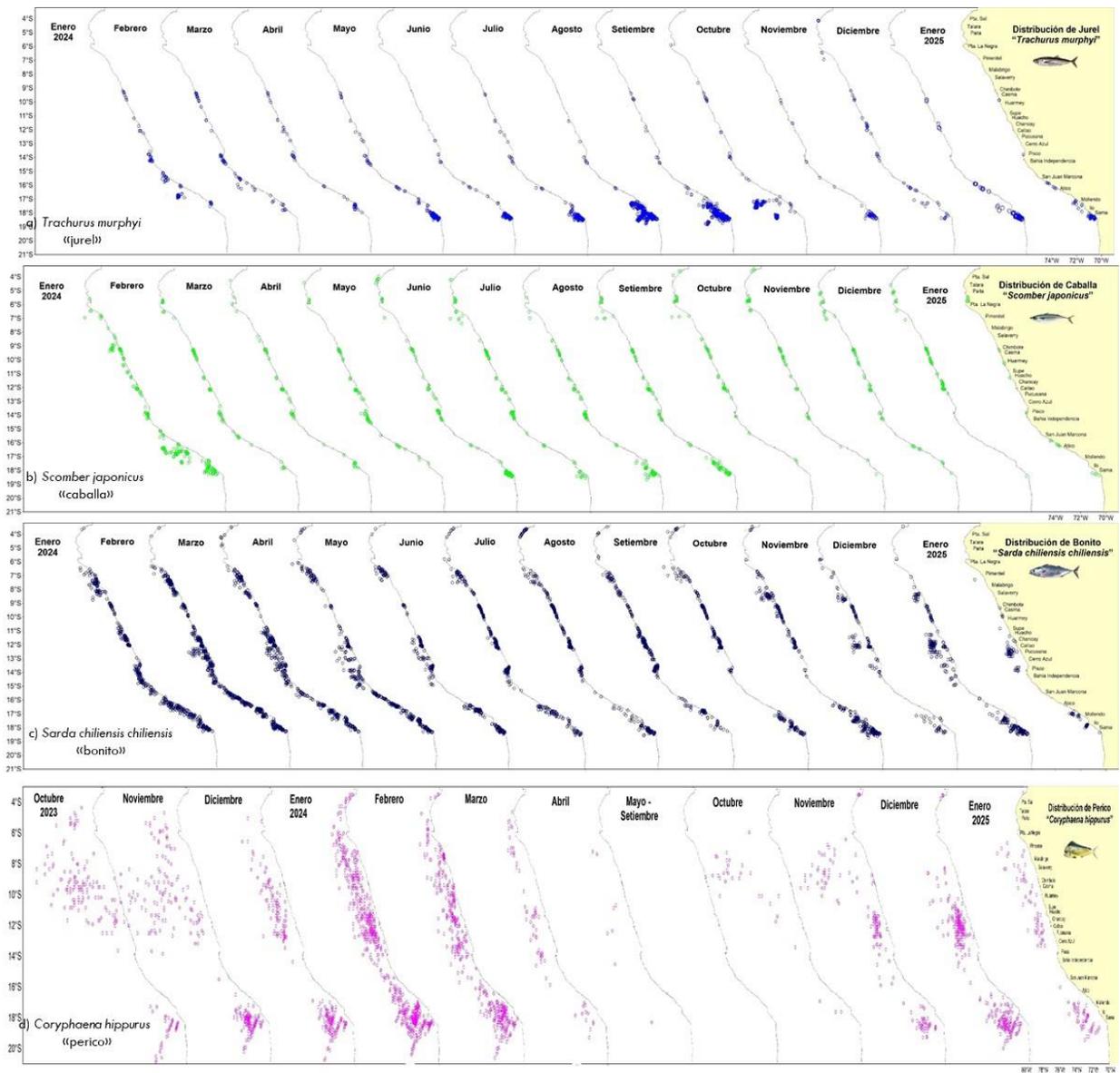
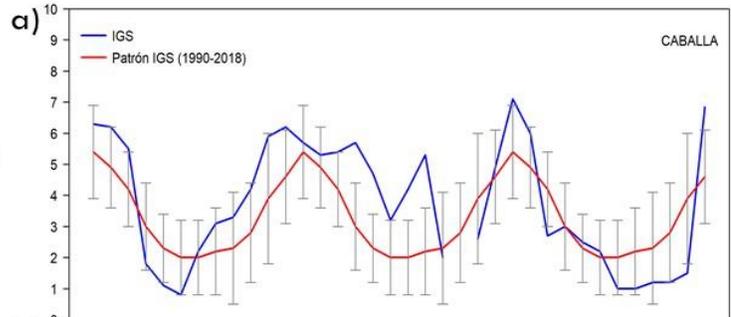
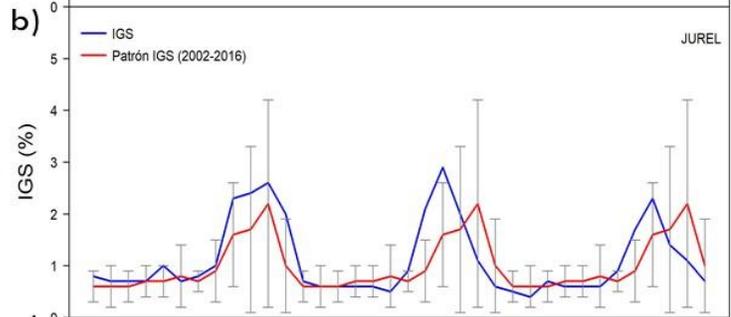


Figura 37. Distribución de los recursos transzonales a) juel, b) caballa, c) bonito y d) perico durante octubre 2023 a enero del 2025.

CABALLA *Scomber japonicus*
ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)
Indicador de Actividad Reproductiva



JUREL *Trachurus murphyi*
ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)
Indicador de Actividad Reproductiva



BONITO *Sarda chiliensis chiliensis*
ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)
Indicador de Actividad Reproductiva

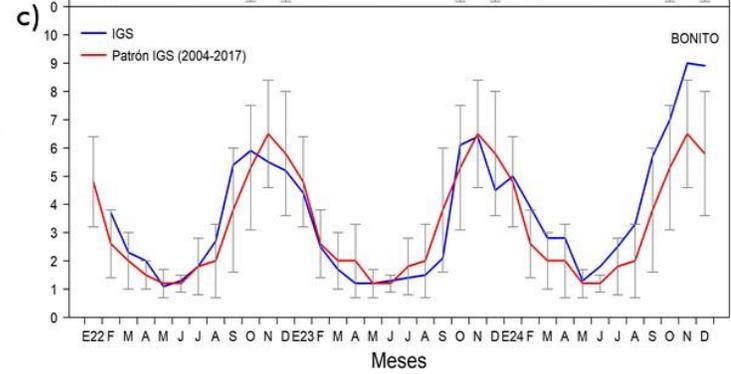


Figura 38. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito de enero del 2022 a diciembre del 2024.

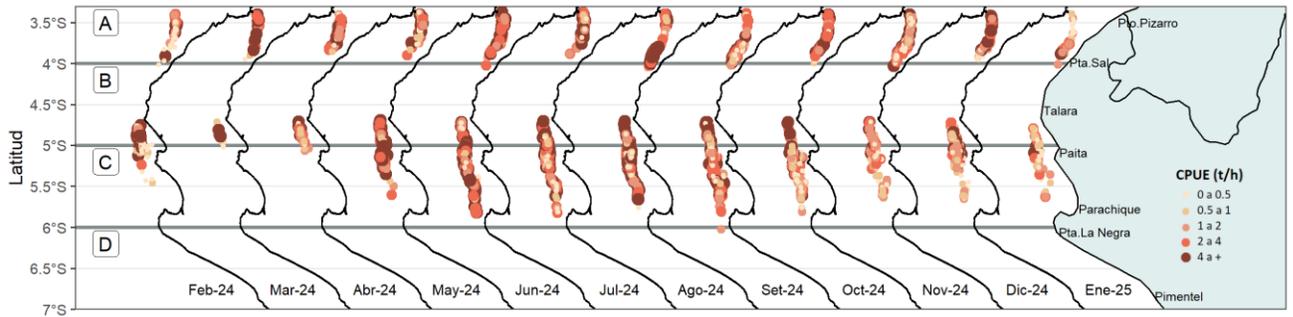


Figura 39. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en $t h^{-1}$) por lance de pesca entre febrero del 2024 al 12 de enero de 2025 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

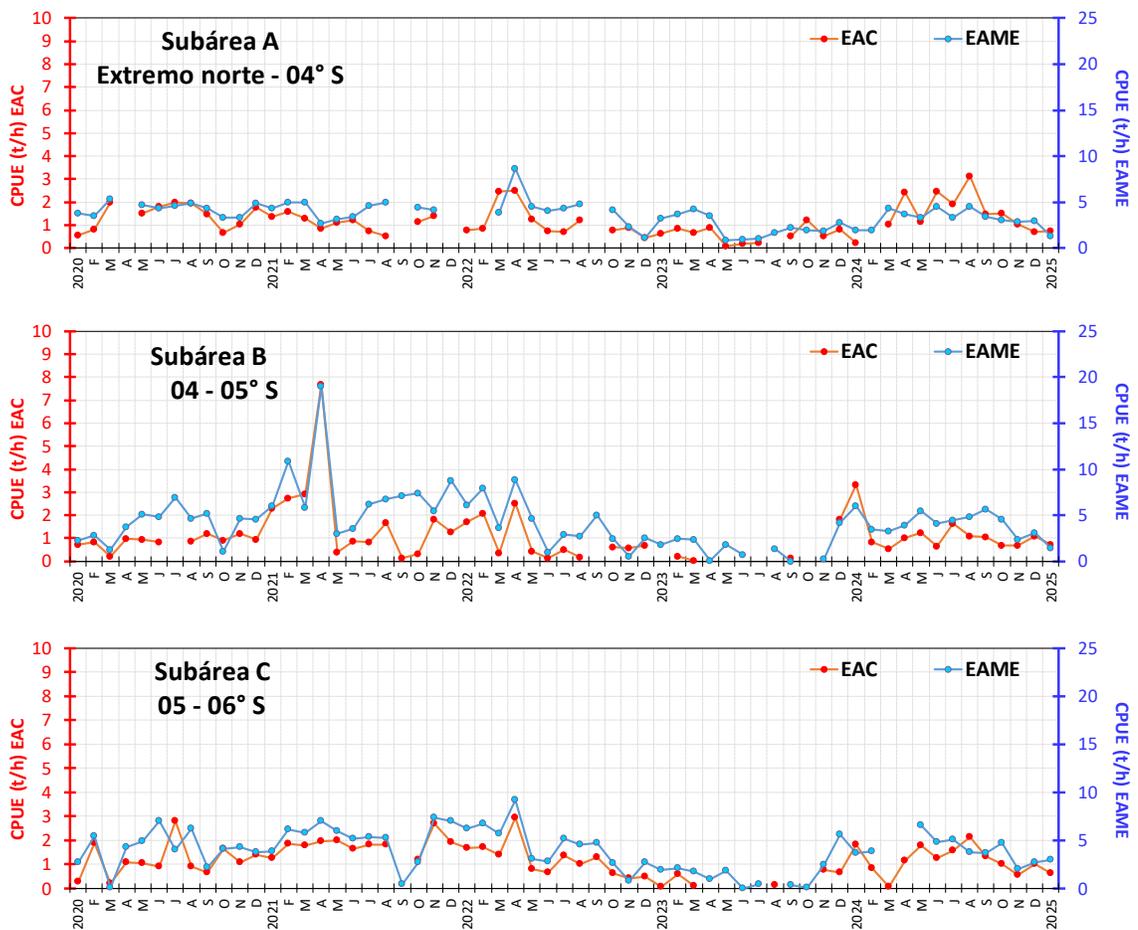


Figura 40. CPUE mensual ($t h^{-1}$) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

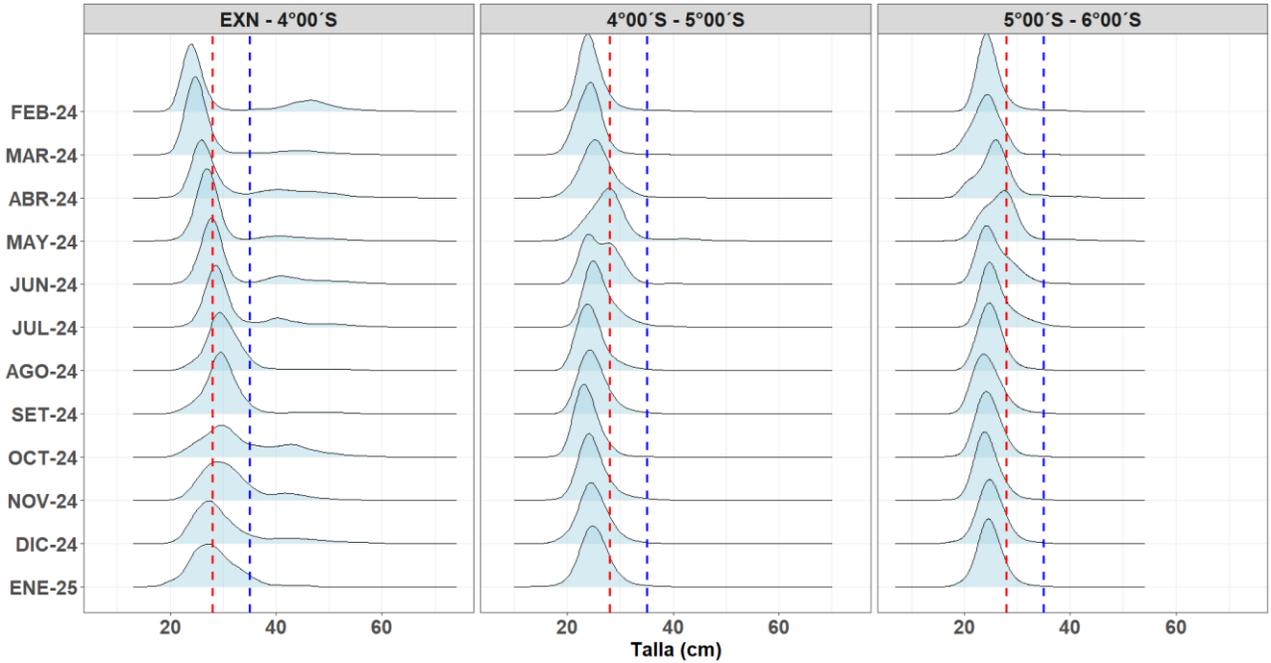


Figura 41. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) de febrero 2024 al 12 de enero 2025, capturada por la flota industrial de arrastre.

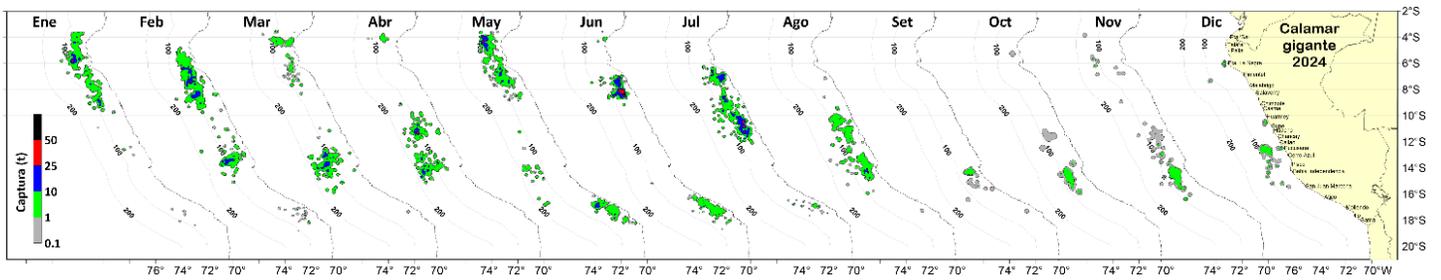


Figura 42. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero diciembre (preliminar) 2024. Fuente: IMARPE – ROSPAS – Oficina de Pesca Artesanal. información preliminar para uso científico.

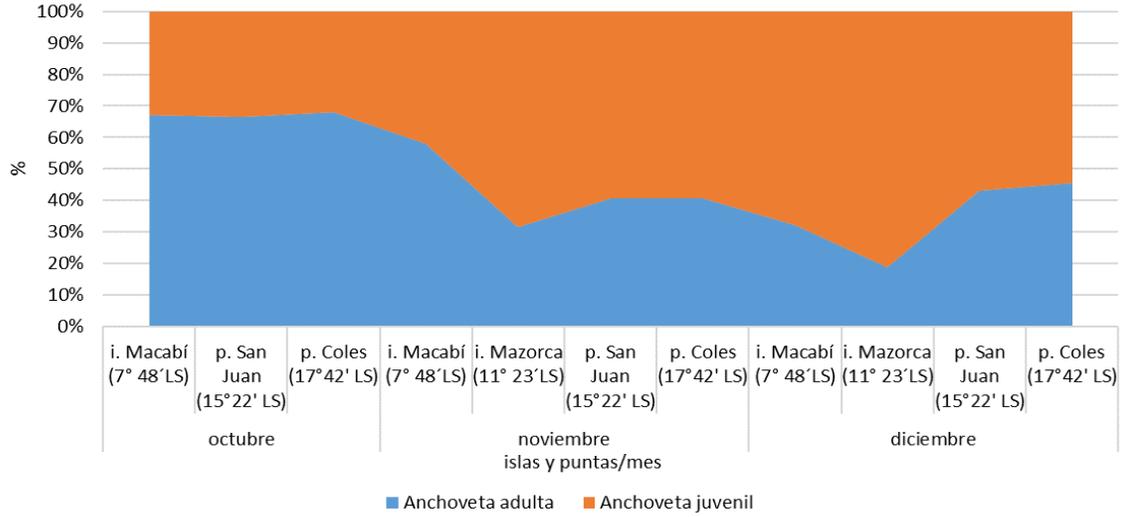


Figura 43. Variación mensual de la composición de la dieta del guanay. Periodo: octubre a diciembre del 2024.

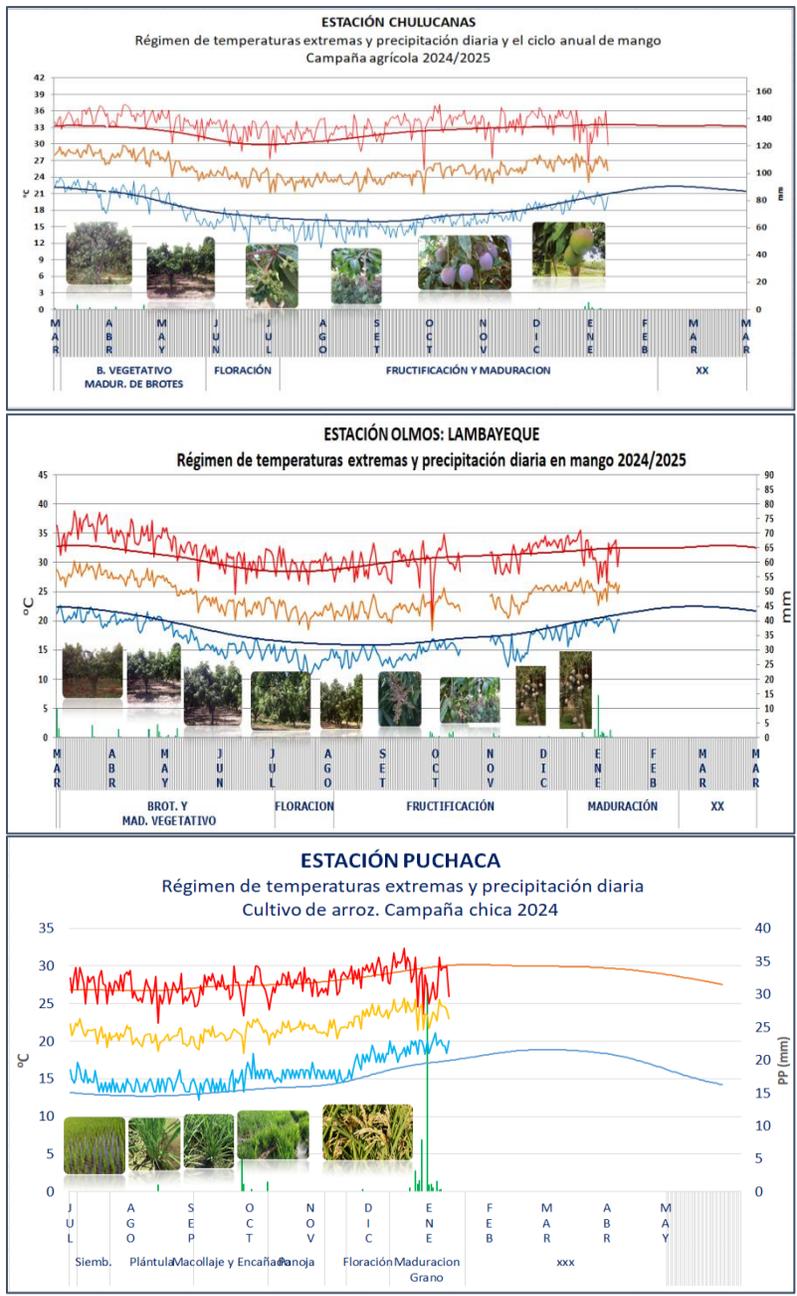


Figura 44. Monitoreo agrometeorológico del mango (Campaña 2024-2025) y arroz (Campaña 2024). Fuente: SENAMHI.

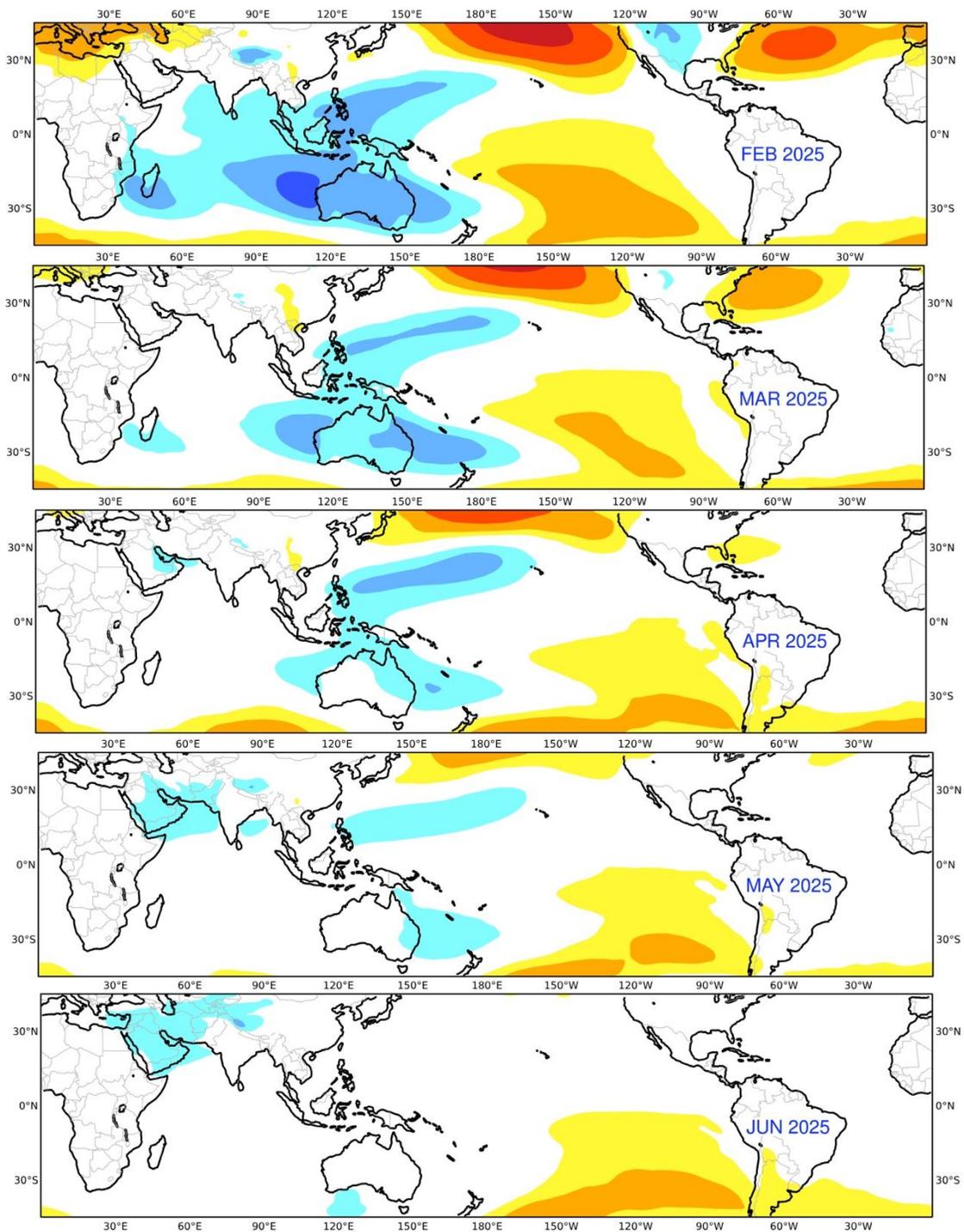


Figura 45. Mapas de pronóstico mensual del ensamblado de las anomalías de la presión atmosférica a nivel del mar en hPa, desde enero hasta mayo 2025, usando el producto C3S multi-system proporcionados por the Copernicus Climate Change Service. iniciados el 01 enero 2025. Adaptado por IMARPE.

IGP-UHM IA model v1.0: Probability of a strong EP EN event ($E > 1.5$) in the following Jan:
 0.01% (classif.), 0.00% (regress.) IC: November (Final) FT 1871-1984. Processing date: 30-12-2024

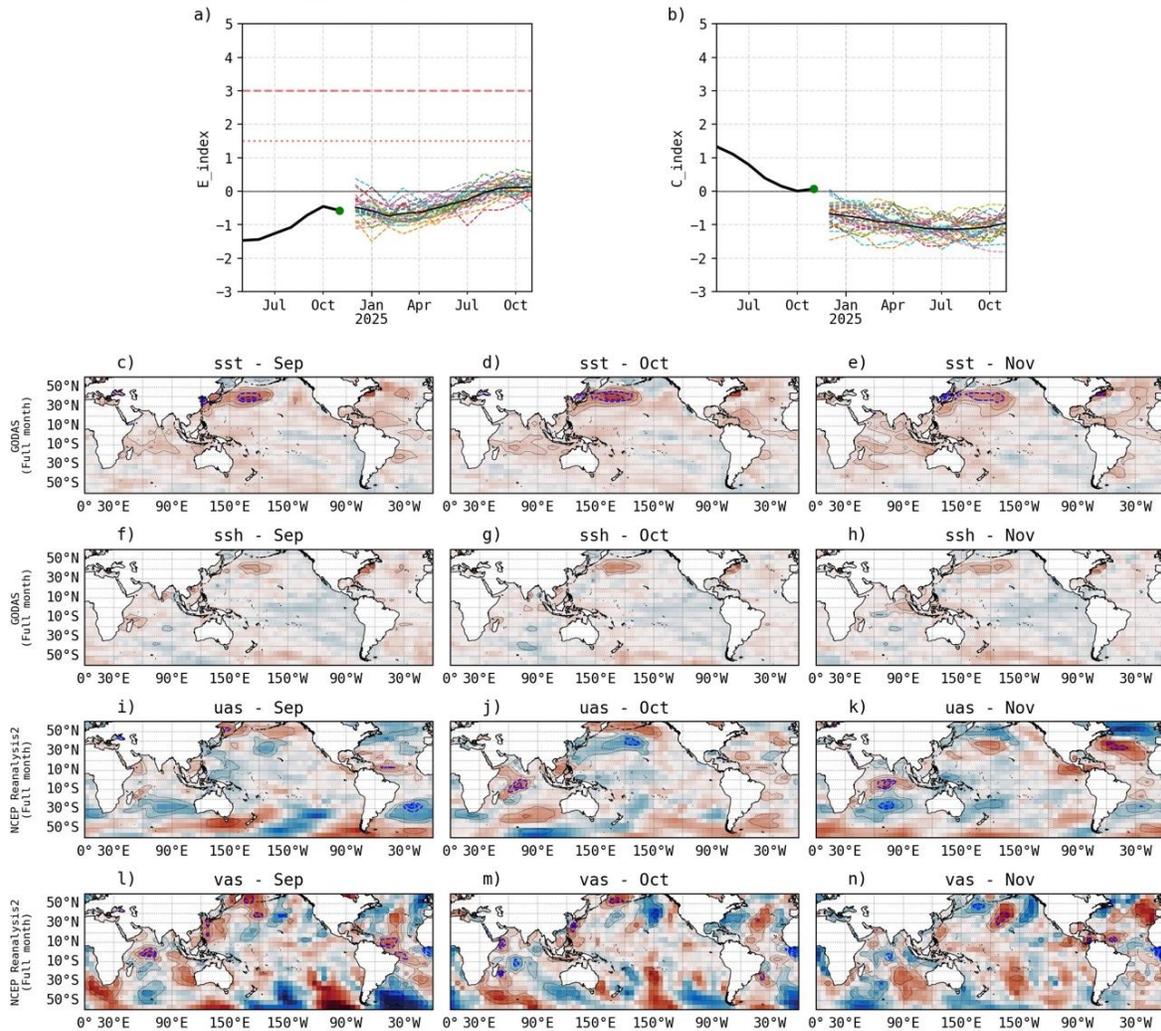


Figura 46. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde mayo a noviembre de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde diciembre de 2024 a noviembre de 2025. (b) Es lo mismo que (a) pero para el índice C (Takahashi et al., 2011). Desde (c) a (n), se muestra la “Explicabilidad” (explainability) de cuatro variables, en anomalías, usadas para el pronóstico: temperatura superficial del mar (primera fila), nivel del mar (segunda fila), viento zonal (tercera fila) y viento meridional (cuarta fila). Estas variables se obtienen de distintos meses: setiembre (primera columna), octubre (segunda columna) y noviembre (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

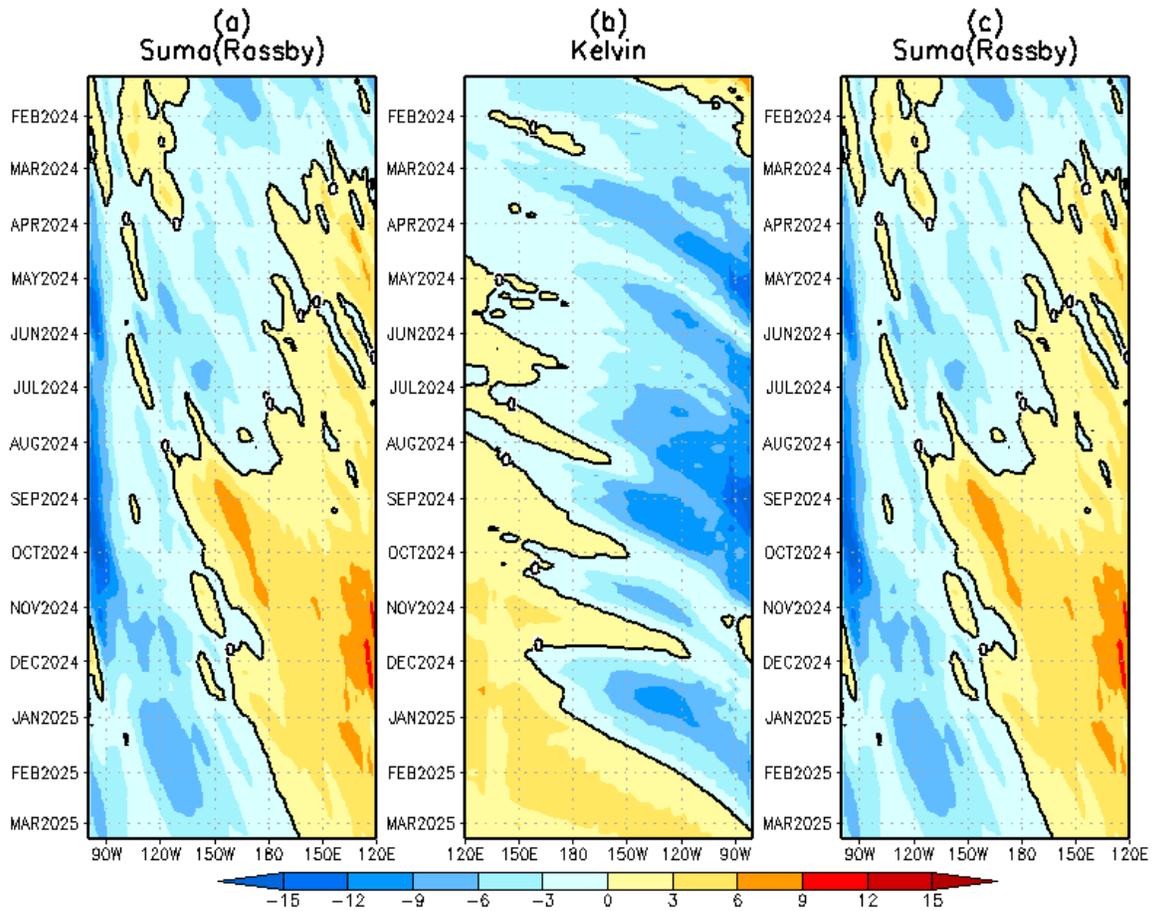


Figura 47. Diagrama longitud–tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOMIGP), forzando por NCEP y termoclina variable. El pronóstico se inicia luego del 10 de enero de 2025. Fuente: IGP.

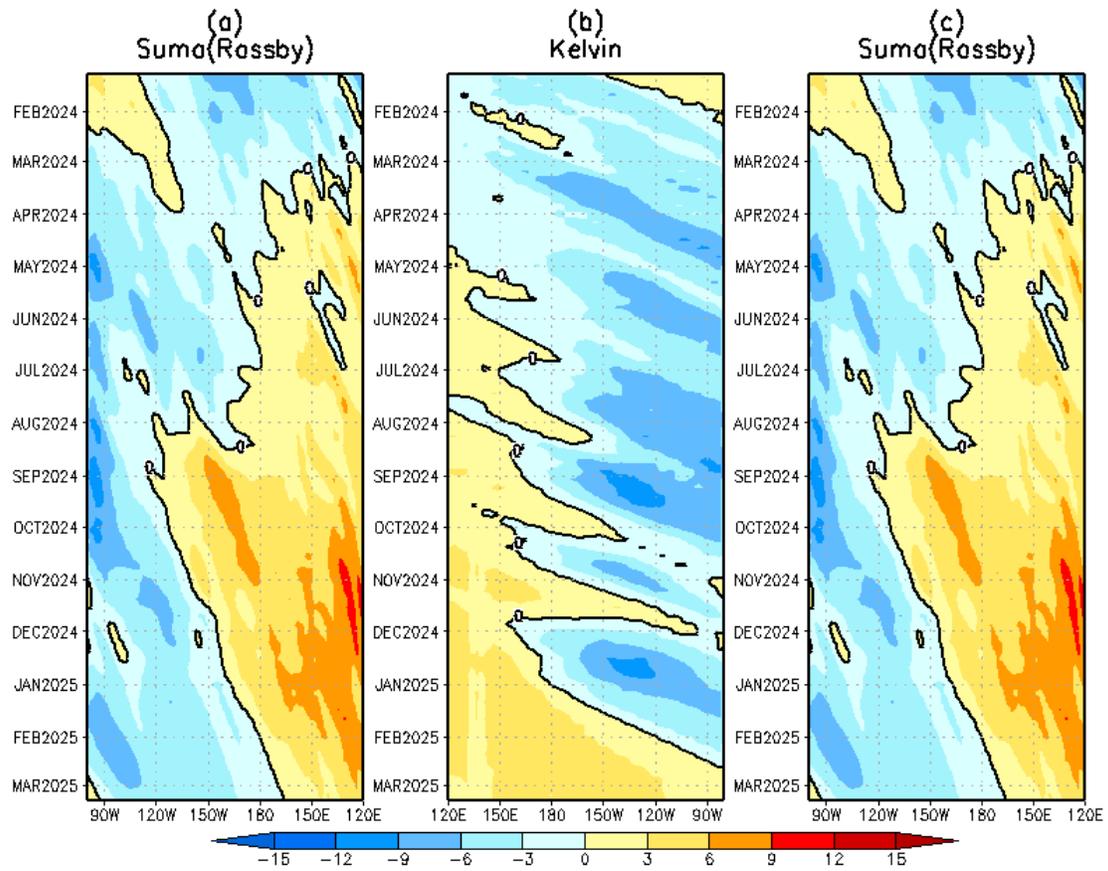


Figura 48. Igual que la Figura 45 pero el modelo es forzado con termoclina constante.
 Fuente: IGP.

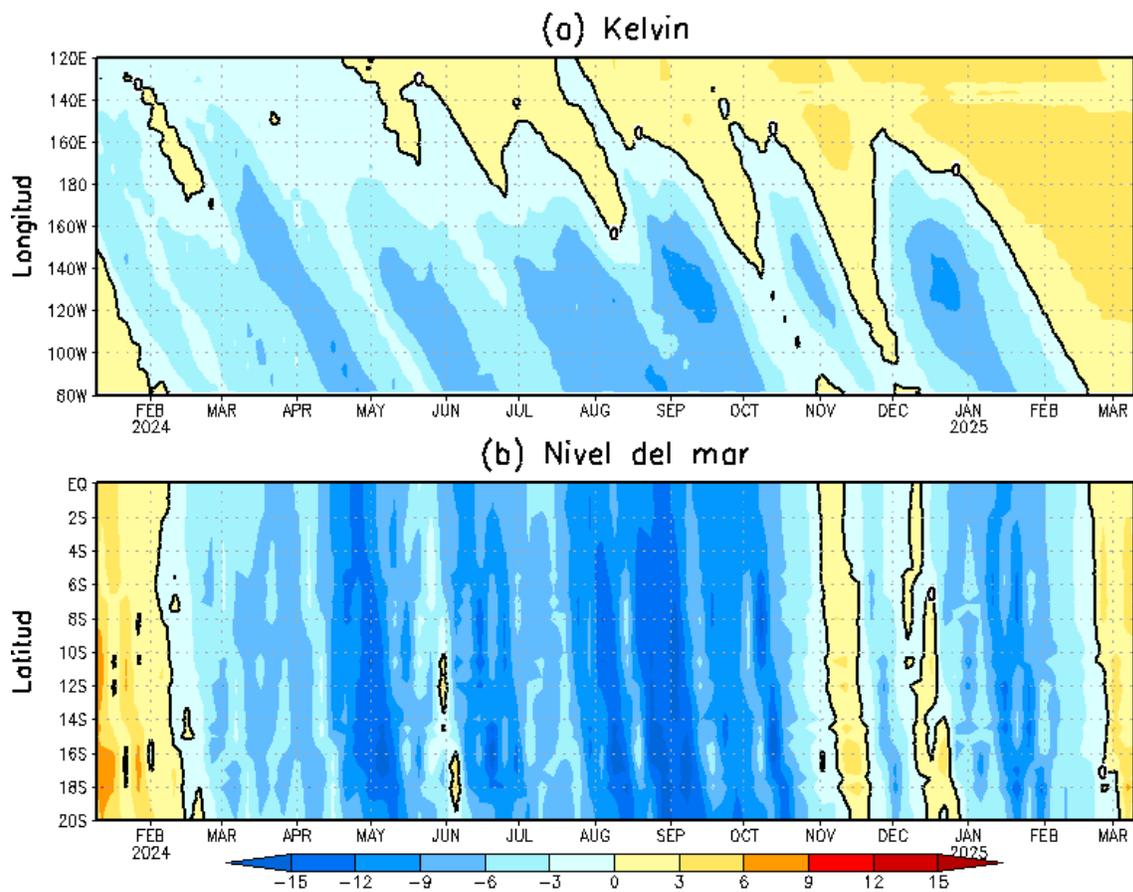


Figura 49. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del reanálisis de NCEP. El pronóstico se inicia luego del 10 de enero de 2025. Elaborado por el IGP.

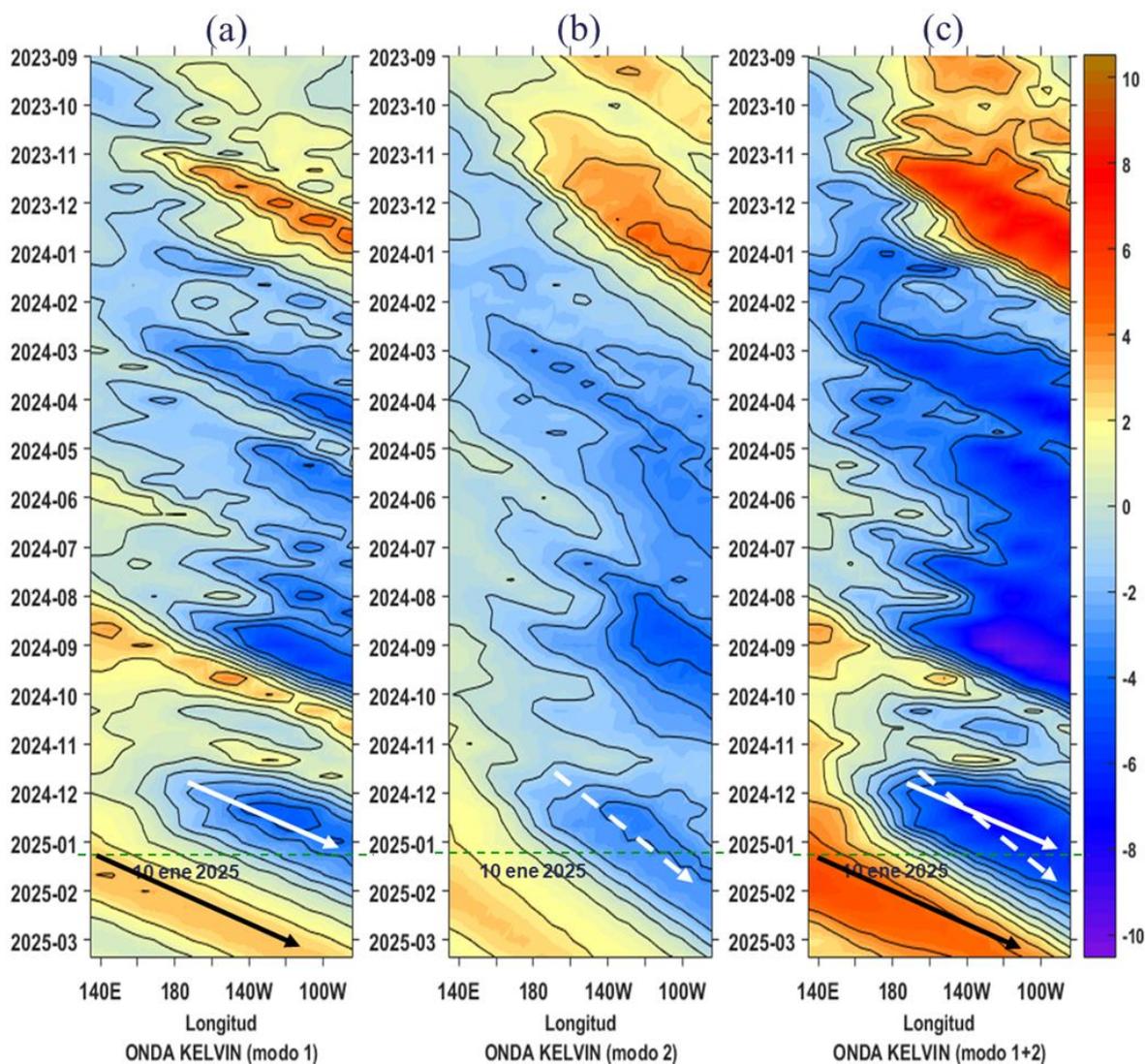


Figura 50. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

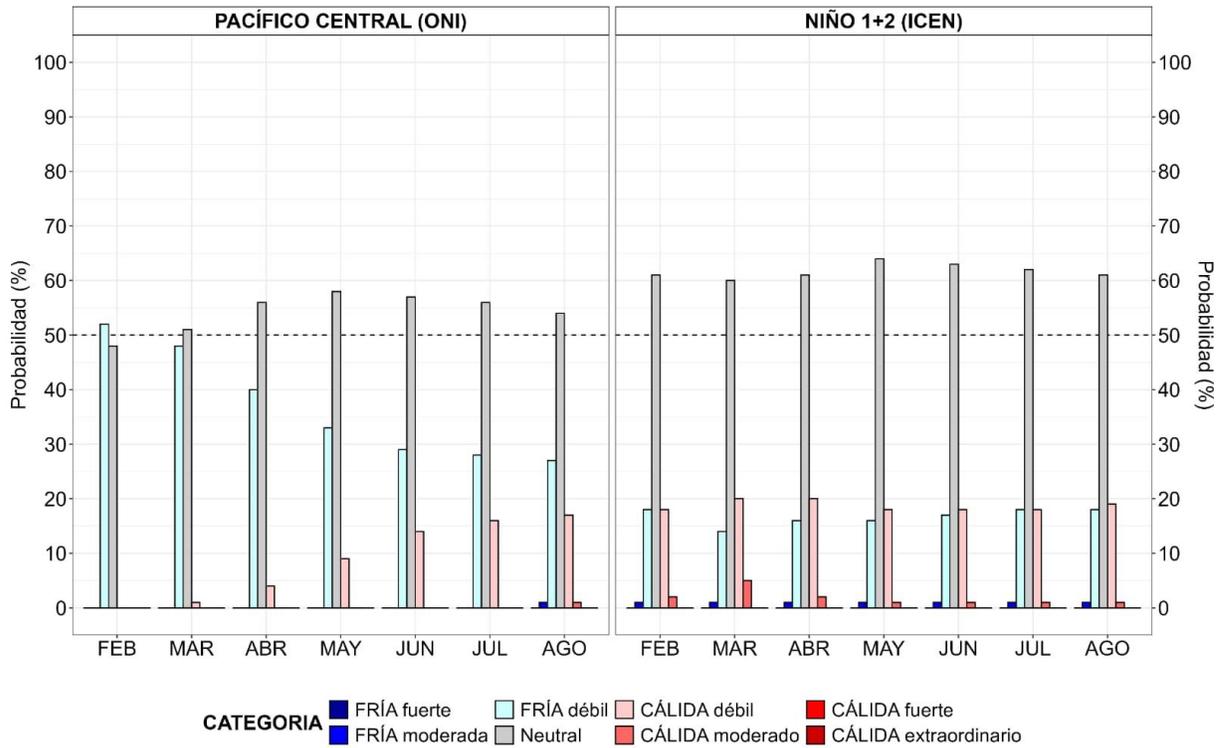


Figura 51. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre febrero y agosto de 2025.

VII. REFERENCIAS

- Behringer, D., & Xue, Y. (2003). EVALUATION OF THE GLOBAL OCEAN DATA ASSIMILATION SYSTEM AT NCEP: THE PACIFIC OCEAN. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-THE-GLOBAL-OCEAN-DATA-ASSIMILATION-AT-Behringer-Xue/2824da5d850b9c12d20ec304919c311b508d909e>
- Bentamy, A., Croize-Fillon, D., & Perigaud, C. (2008). Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 4(4), 265–274. <https://doi.org/10.5194/os-4-265-2008>
- Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 100(C12), 25041–25059. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 38: 373-384.
- 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. (2024). Definición Operacional de los Eventos El Niño Costero y La Niña Costera en el Perú. Nota Técnica ENFEN 01 2024. 07 pp. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-01-2024-definicion-operacional-de-los-eventos-el-nino-costero-y-la-nina-costera-en-el-peru/>
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H. & Luo, J.-J. (2019), Deep learning for multi-year ENSO forecasts. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1559-7>
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H., Kim, E.-S. & On, K.-W. (2021). Unified deep learning model for El Niño/southern oscillation forecasts by incorporating seasonality in climate data. *Sci. Bull.* 66, 1358–1366. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.03.009>
- Helrich, K. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Huang B., Thorne P.W., Banzon V.F., Boyer T., Chepurin G., Lawrimore J.H., Menne M.J., Smith T.M., Vose R.S. and Zhang H.M. 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *Journal of Climate*. 30(20): 8179–8205. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-4777\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-4777(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological*

Society, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>

- Lellouche, J.-M., Le Galloudec, O., Drévilon, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., Ferry, N., Desportes, C., Testut, C.-E., Bricaud, C., Bourdallé-Badie, R., Tranchant, B., Benkiran, M., Drillet, Y., Daudin, A., and De Nicola, C. 2013. Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, *Ocean Sci.*, 9, 57-81.
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda 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 Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- 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>
- Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C. Explained predictions of strong eastern Pacific El Niño events using deep learning. *Sci Rep* 13, 21150 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3>
- Takahashi, K.; Montecinos, A.; Goubanova, K.; Dewitte, B. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. (2011) *Geophys. Res. Lett.*, 38, L10704. <https://doi.org/10.1029/2011GL047364>

- Vazzoler, A. E. A. de M. (1982). Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento. CNPq. Programa Nacional de Zoologia, Brasília, 106 p.