

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



AÑO 10 N° 09

INFORME TÉCNICO ENFEN

AL 12 DE JUNIO 2024

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

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

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

Conformación de la Comisión Multisectorial

Presidente:

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

Vice-Presidente:

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

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

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

General Brigada Juan Carlos Urcariegui Reyes
Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

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

Cnel. (r) Julio Villafuerte Osambela
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico (Autores y Colaboradores)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jackie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

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

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

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N° 09, 12 junio de 2024, 82 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: 14 de junio de 2024



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 12 de junio 2024

Índice

I.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
II.	<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
III.	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 12 DE JUNIO DE 2024</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	18
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	32
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	42
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	44
IV.	<u>PERSPECTIVAS</u>	50
V.	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	58
VI.	<u>TABLAS Y FIGURAS</u>	XX
VI.	<u>REFERENCIAS</u>	59
VII.	<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, el efecto en las precipitaciones puede darse en gran parte del territorio nacional, por ejemplo, en El Niño y en el contexto de El Niño costero las condiciones cálidas sobre el Pacífico oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, generan lluvias intensas, causando impactos en los sectores socioeconómicos.

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

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

II. MÉTODOS

Variables

Las principales variables utilizadas en este informe están clasificadas en: atmosféricas, oceanográficas, hidrológicas y biológicas-pesqueras. En el Anexo 1 se detallan las variables monitoreadas y presentadas en este informe, por el grupo de trabajo científico-técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN, indicando la fuente de la información (*in situ*, satelital, 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 móvil de 3 meses de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 con respecto a la climatología de 1981-2010 usando, hasta enero de 2020, los datos de Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v3b *real-time* (Huang et al., 2017), y en la actualidad ERSST v5. Se categoriza las condiciones como frías o cálidas; en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria (ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014). El valor temporal del ICEN (ICEN-tmp) se calcula utilizando el promedio de los pronósticos de la ATSM de los modelos de North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente.

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

El ONI es una medida de El Niño-Oscilación del Sur que es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (ERSST.v5) en la región del Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), basado en períodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años.

Índices reproductivos de anchoveta

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

Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

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

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

El modelo se utiliza para representar la propagación de la onda Kelvin ecuatorial (OKE) en 3 modos baroclínicos, forzado con anomalías de vientos del *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004), Dewitte et al. (2002) y Quispe et al. (2017).

El análisis de la OKE se realiza con los modos baroclínicos modo 1 y modo 2, los que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, para una mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

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

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 varianzas unitarias, 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 Probabilístico de Juicio Experto

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

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

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

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 12 DE JUNIO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial continuaron disminuyendo las condiciones cálidas, en particular en la región oriental, donde predominaron anomalías negativas de la TSM (Figura 1, Tabla 1). En las regiones Niño 4 y Niño 3.4 en mayo predominaron valores de TSM sobre su valor normal; en tanto que, en Niño 3 y Niño 1+2, por debajo (Tabla 1). Según los datos semanales de OISST, para la primera semana de junio, en la región Niño 3.4 la anomalía fue de +0,1 °C, mientras que en la región Niño 3 fue de -0,3 °C y en la región Niño 1+2, -0,5 °C (Tabla 2). Por otro lado, la anomalía mensual de la TSM para la región Niño 1+2 (ERSST v5) para mayo fue de -1,15 °C, dentro del rango de las condiciones frías débiles (Tabla 1), mientras que en la región Niño 3.4 la anomalía de mayo fue +0.32, dentro del rango de las condiciones neutras.

El ICEN de abril indica la categoría neutra, al igual que el ICEN temporal de mayo. Según esto, El Niño costero, que inició en febrero de 2023, finalizó en marzo de 2024, durando 14 meses, y alcanzó la magnitud fuerte entre abril y noviembre de 2023. Por otro lado, durante el verano 2023-2024, El Niño costero tuvo, finalmente, una magnitud débil. Por otro lado, los valores del ONI de abril y el temporal (ONI-tmp) de mayo corresponden a las condiciones cálida débil y cálida neutra, respectivamente (Tabla 3).

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se siguen observando ondas Kelvin frías y cálidas débiles (Figuras 2 y 3). Además, se continúan observando ondas Rossby cálidas en la zona occidental que podrían reflejarse como ondas Kelvin cálidas. En la zona oriental, se observa que las ondas Rossby cálidas disminuyen su intensidad conforme se desplazan hacia la zona occidental (Figura 3). Por otro lado, en la profundidad de la termoclina, se sigue observando la señal intensa de un paquete de ondas Kelvin frías en la región central y oriental (Figura 2).

Respecto a las condiciones atmosféricas, en lo que va junio de 2024, se tuvo un cambio de patrón en las anomalías del campo de presión atmosférica a nivel del mar en el Pacífico Central y Oriental Ecuatorial, donde se presentaron valores de presión cercanos a sus valores climáticos, en comparación a lo observado en mayo, que persistieron anomalías negativas en el Pacífico Central. Sin embargo, se observaron anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico Oriental Subtropical, entre los 20°S – 30°S, llegándose a registrar valores de hasta -4 hPa, asociados a caídas de presión del Anticiclón del Pacífico Sur (APS). Sobre el mar continental (Oceanía), se extendieron hacia el oeste de Australia y este del continente asiático anomalías positivas de la presión atmosférica (+2 hPa), asociadas a la subsidencia predominante en la región comprendida entre 120°E - 180°. Asimismo, en Sudamérica, alrededor de 60°W, se presentaron patrones

convectivos que podrían haber favorecido ascensos de masas de aire y nubosidad en ciertas regiones. Las configuraciones de circulación atmosférica que se vienen presentando desde mayo difieren de los meses de marzo y abril, y se encuentran asociadas a la declinación del evento El Niño en el Pacífico Central y valores del índice del dipolo del océano Índico, IOD, que registra un valor semanal de $-0,02^3$ (Figuras 4 c y d).

Respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa) se aprecia una predominancia de vientos dentro de sus valores climatológicos en el Pacífico Oriental ($150^\circ - 90^\circ\text{W}$) y anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Central entre $150^\circ\text{W} - 150^\circ\text{E}$ y en el Pacífico Oriental entre $20^\circ\text{S} - 30^\circ\text{S}$, este último asociado al debilitamiento del APS (Figura 4b). En niveles altos (200 hPa) entre $60^\circ\text{W} - 90^\circ\text{W}$ y $10^\circ\text{S} - 30^\circ\text{S}$ se desarrolló una vaguada que en su zona convergente registró vientos del sureste que ingresaron hacia la vertiente sur oriental y occidental de Perú, favoreciendo la subsidencia y cielos despejados, principalmente en la zona sur (Figura 4a). Esto estuvo asociado a disminuciones en la temperatura mínima que alcanzaron anomalías hasta -3°C principalmente en la sierra sur oriental.

En la circulación al nivel de 1000 hPa, en lo que va de junio, se han observado anomalías de vientos del oeste débiles (aproximadamente de -2 a -3 m s^{-1}) entre los $120^\circ\text{W} - 120^\circ\text{E}$. De acuerdo al pronóstico, se espera que este patrón persista con una intensificación de anomalías de vientos del oeste entre $180 - 120^\circ\text{E}$ (Figura 5a). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, pero con una predominancia de anomalías de vientos del oeste con mayor magnitud en 180° . Desde la línea de pronóstico también se espera un predominio de anomalías de vientos del oeste, principalmente entre $180^\circ - 120^\circ\text{E}$. De acuerdo al pronóstico, también se espera un predominio de anomalías de vientos del oeste, principalmente entre $180^\circ - 120^\circ\text{E}$ (Figura 5 b). Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) en los primeros días de junio predominó la fase divergente entre $100^\circ\text{W} - 60^\circ\text{W}$ con anomalías de velocidad potencial débiles (alrededor de $-1\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$) entre 120°W y 60°W , lo que evidencia una transición hacia condiciones divergentes, dado que en mayo se tuvo una fase predominantemente convergente que favoreció la subsidencia y una menor nubosidad. Esto estuvo asociado a descensos de temperatura significativos. De acuerdo al pronóstico, se espera una persistencia e incremento de la componente divergente (llegando a valores de $-7\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$) entre $120^\circ\text{W} - 60^\circ\text{W}$, por lo que podrían desarrollarse condiciones favorables para una mayor nubosidad y tener un impacto sobre las temperaturas en la región (Figuras 5 c y 10).

Con respecto a la variabilidad interanual del APS, para el trimestre MAM 2024, el núcleo del APS se encontró en el rango normal de intensidad ($+1,0\text{ hPa}$) y se ubicó desplazado al sur de su posición normal.

³ Valores del IOD tomados de Bureau of meteorology Australia, disponible en: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml?bookmark=iod>

Con respecto al trimestre FMA, el APS mostró un fortalecimiento en su intensidad y un desplazamiento al suroeste en su posición. En mayo, el núcleo del APS se ubicó en promedio en los 95,0°W y 40,0°S, alcanzando una intensidad de 1023,5 hPa, encontrándose desplazado al sur de su posición habitual y con una intensidad mayor a la usual (Figura 6).

Dado que, en mayo el APS en promedio presentó anomalías de hasta +9 hPa en la zona del núcleo y +3 hPa en su borde norte, ello generó, en promedio, un gradiente isobárico por encima de lo normal frente a la costa sur peruana y chilena (Figuras 7 izq. y 8), favoreciendo el incremento de la intensidad de los vientos alisios del sudeste en la región sur costera (Figura 9). En la costa norte se observaron anomalías negativas de la presión en promedio de -1 hPa. En lo que va de junio, el APS mostró una configuración zonal y al noreste de su posición climática habitual, ingresando al continente con un comportamiento de alta migratoria. Se observó una menor intensidad de su núcleo en comparación con mayo, alcanzando una presión menor a 1018 hPa, con una anomalía promedio de -3 hPa en su núcleo (Figura 7 der.). Esta disminución de la presión en el núcleo del APS propició una disminución significativa en la intensidad de los vientos alisios principalmente frente a la costa sur (Figura 9). Esto, a su vez, pudo favorecer el incremento de la TSM a lo largo del litoral costero.

El pronóstico del modelo GFS, entre el 14 al 27 de junio, indica que el APS se posicionará alrededor de los 20°S – 30°S y 95°W – 100°W, al norte de su ubicación climática, con una intensidad entre 1022 a 1026 hPa en su núcleo y una configuración zonal, lo que podría incrementar la magnitud de los vientos alisios del sudeste (respecto de los primeros días de junio), principalmente en la costa sur (Figura 9).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante el mes de mayo y lo que va de junio, en la franja ecuatorial frente a las costas de América, entre los 5° S a 5° N, predominaron velocidad de viento (VV) débiles. La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se ubicó al norte de la línea ecuatorial, relacionada a su ubicación estacional sobre el hemisferio norte (Figura 11). Durante el mes de mayo, en la zona oceánica predominaron vientos fuertes con anomalías de VV en el rango positivo (mayor a + 1,0 m s⁻¹), a excepción de la última semana de mayo, que presentó VV moderadas con anomalías de VV en el rango neutral a negativo (menor a -1,0 m s⁻¹). Asimismo, en lo que va de junio, persistieron estas últimas condiciones (Figura 11). En la franja de 110 km adyacente a la costa, durante el mes de mayo, se registraron en promedio vientos moderados (de 4,1 a 6,8 m s⁻¹) a fuertes (> 6,8 m s⁻¹), con anomalías de VV en el rango neutral a positivas (> +1,0 m s⁻¹), principalmente desde Tumbes a San Juan de Marcona. En lo que va de junio, se registraron vientos moderados con anomalías negativas de VV (< -1,0 m s⁻¹) (Figura 12).

El afloramiento costero, en el mes de mayo, se mantuvo intenso frente y entre Talara a San Juan de Marcona ($> 200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$), con anomalías positivas, mientras que, en junio, se registró una notable disminución del índice de afloramiento costero, con anomalías negativas. Respecto al bombeo de Ekman, se registró predominancia de condiciones de anomalías positivas en mayo, y neutras en lo que va de junio (Figura 13).

Durante los primeros 10 días de junio, las temperaturas máximas diurnas a lo largo del litoral costero han mantenido anomalías negativas, de -0.4°C en promedio, similar con el promedio del mes de mayo ($-0,4^\circ\text{C}$). Por otro lado, las temperaturas mínimas nocturnas registran anomalías negativas de hasta -0.9°C en promedio a lo largo de la costa, inferior a las registradas en el mes de mayo ($-0,3^\circ\text{C}$). El comportamiento de ambas variables fue influenciado por la disminución de la TSM.

Las temperaturas máximas (diurnas), en promedio, en la costa norte, central y sur presentan anomalías dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0^\circ\text{C}$, respecto a su normal decadiaria. Las anomalías negativas más intensas en promedio, se presentaron en la costa central y sur en las estaciones meteorológicas Huarmey (Ancash) y Fonagro Chincha (Ica) con $-1,2^\circ\text{C}$ y $-2,2^\circ\text{C}$, respectivamente.

Por otro lado, las temperaturas mínimas (nocturnas) en la costa norte alcanzaron anomalías negativas en promedio ($-1,1^\circ\text{C}$). En comparación, la costa central y sur presentaron anomalías dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0^\circ\text{C}$. Las anomalías negativas más intensas de la temperatura mínima se presentaron: en la costa norte en la estación Trujillo (La Libertad) con $-2,3^\circ\text{C}$, en la costa central con $-2,1^\circ\text{C}$ y en la Punta Ático (Arequipa) con $-1,4^\circ\text{C}$. (Figura 14).

La TSM en el mar peruano continuó disminuyendo frente a toda la costa, distribuyéndose isotermas superiores a 21°C por fuera de las 100 mn frente de la costa norte y centro. Se desarrollaron anomalías negativas frente a la costa centro y sur; mientras que, al norte de los 4°S persistieron núcleos positivos cerca de costa. Para los primeros diez días de junio, esta misma distribución térmica muestra anomalías negativas de menor intensidad, estableciendo un escenario entre normal a ligeramente frío (Figura 15). Dentro de las primeras 100 millas frente a la costa norte, la TSM mantuvo un valor alrededor de 20°C en la segunda quincena de mayo e inicios de junio, desarrollando una anomalía de -1°C en promedio, relacionado con la presencia de aguas las aguas costeras frías (ACF) (Figura 16 a).

A otra escala, en el litoral de Perú, la anomalía de la TSM continuó disminuyendo en gran parte del litoral, estableciéndose una condición fría al norte de Chimbote con anomalías de TSM de hasta -2°C , para el mes de mayo. Durante los primeros diez días de junio el enfriamiento se atenuó, registrándose anomalías cercanas de cero, excepto en Isla Lobos de Afuera donde la anomalía fue positiva (Figura 16 b).

Según registros *in situ* del Crucero de Evaluación de Recursos Demersales del IMARPE, Cr. 240506, entre el 24 de mayo y el 9 de junio, entre Los Órganos y Mórrope, a nivel superficial predominaron anomalías de TSM de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, asociadas a temperaturas entre $18\text{ y }19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al norte de Punta Sal, persistieron condiciones cálidas con anomalías de $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, asociadas a temperaturas mayores a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Frente a Pimentel se detectó un núcleo de TSM mayor a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, asociado a anomalías térmicas de $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 17).

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa, en las tres primeras semanas de mayo disminuyeron, debido al arribo una onda Kelvin fría. Posteriormente, se detectó un incremento de las ANM con valores superiores a $+10\text{ cm}$ y cuya cobertura se extendió desde el sector ecuatorial hacia el sur, alcanzando el sector sur peruano en junio valores de hasta $+13,6\text{ cm}$ (Huacho) (Figura 18). Asimismo, en el litoral, la ANM presentó un ligero incremento desde la segunda semana de mayo, evidenciándose anomalías muy cercanas de cero, excepto entre Callao y Pisco, donde se mantiene la anomalía de -5 cm (Figura 19).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, muestra un valor temporal de $-0,21$ para mayo del 2024, mostrando una condición fría débil, mientras que, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelital para la banda de 40 km adyacente a la costa, presentó el valor temporal de $-1,5$ para mayo correspondiente a condiciones frías (Figura 20). Ambos índices exhibieron una tendencia negativa respecto a meses anteriores.

En la columna de agua, durante el mes de mayo y primeros once días de junio, entre Tumbes y Chicama y dentro de las 200 mn frente a la costa, la franja más expuesta a la influencia de las ondas Kelvin atrapadas a la costa, se detectó el predominio de anomalías negativas sobre los 50 m de profundidad, con núcleos de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, posiblemente asociadas a los vientos y afloramiento intensos de mayo. En cambio, por debajo de esta capa entre los 70 y 500 m y en particular en la segunda quincena de mayo, se detectaron condiciones neutras o anomalías positivas, con núcleos de hasta $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, que responderían al paso de la onda Kelvin cálida ya mencionada (Figuras 21 y 22). A fines de mayo, la profundidad de la termoclina frente a la costa norte se profundizó respecto a abril, principalmente frente a Paita, ubicándose en promedio por debajo su climatología dentro de las 100 mn, lo cual también es consistente con la señal de la onda Kelvin cálida (Figura 23). Considerando todos los registros continuos de la columna de agua frente a la costa norte, en mayo y primeros once días de junio se ratifica el predominio de las anomalías térmicas negativas de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m de profundidad (Figuras 21 y 24) y condiciones neutras a ligeramente positivas a mayor profundidad (Figura 24).

El pronóstico de la temperatura frente a la costa peruana indica una ligera profundización de las isotermas sobre los primeros 150 m, desarrollando anomalías ligeramente positivas de hasta +0,5 °C cerca de los 50 m, a 30 millas de la costa norte (Paita) (Figura 25 a); por otro lado, a 100 millas de la costa se espera el ascenso de las isotermas en los primeros 120 m, lo que favorecería a la presencia de anomalías de hasta -1,5 °C sobre los 50 m (Figura 25 b). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama y 40 mn de Chimbote, se espera una conservación de la temperatura del mar sobre los 100m (Figura 25 c y 25 d). Por otra parte, a 40 mn de Callao se espera un enfriamiento que desarrolle una anomalía negativa de -2 °C sobre los 50 m de profundidad y la presencia somera de isotermas de 16,5 °C (Figura 25 d y e).

En la región Niño 1+2, a corto plazo, hasta el 20 de junio, de acuerdo con el modelo MERCATOR se espera la persistencia de las anomalías negativas de la TSM, aunque con fluctuaciones (Figura 26). La anomalía del nivel del mar en la franja de 110 Km adyacentes a la costa registraría valores negativos entre los 0° y 20°S, asociados al paso de la onda Kelvin fría (Figura 27). En cuanto a la termoclina, continuaría en una posición por encima de su climatología frente a la costa peruana. La tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo, mostraría el predominio de una tendencia negativa frente a toda la costa peruana en el período indicado (Figura 28).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) que venían ubicadas al norte de Tumbes, entre la cuarta semana de mayo y la primera semana de junio, habrían alcanzado la costa del norte de Piura en los primeros días de junio, para posteriormente replegarse nuevamente al norte de Tumbes (Figuras 17, 29 y 30). Las ACF, asociadas a valores de salinidad de 35,0 y anomalías frías de TSM, predominaron dentro de las 60 mn frente a Paita y Chicama sobre los 150 m y 100 m, respectivamente, al término del mes de mayo (Figuras 22 y 29). Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) mostraron una amplia distribución al sur de Chicama y hasta Pisco durante mayo, mientras que, en junio, el debilitamiento de los vientos habría favorecido a una mayor aproximación de las ASS hacia la costa centro y sur, registrándose aguas de 35,3 a 40 mn entre Chimbote y Callao (Figura 29). Al sur de Pisco, se mantuvo el predominio de ACF con la presencia de celdas de aguas de baja salinidad debido a la influencia de las Aguas Intermedias del Pacífico Sur (AIPSE), aunque con una mayor intromisión de las ASS hacia San Juan de Marcona, en junio (Figura 29).

El pronóstico de salinidad a 30 millas frente a la costa norte (Paita) indica un dominio de las ACF sobre los 150 m de profundidad durante la segunda y tercera semana de junio (Figura 31).

Respecto al oxígeno disuelto (OD), para fines de mayo 2024, en la sección Paita, se apreciaron concentraciones habituales de celdas recientes de afloramiento por los valores inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ registrados en la superficie del mar y dentro de las 50 mn de costa. Por otro lado, la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} no fue observada en los primeros 220 m de profundidad (Figura 22), señalando una distribución más profunda de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$). En la sección Chicama a fines de mayo 2024, se pudo apreciar dentro las 75 mn, celdas de afloramiento reciente con valores de OD inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ sobre la superficie del mar. Por otro lado, el límite superior de la ZMO alcanzó los 40 m debajo de la superficie en la zona costera, mientras que fuera de la plataforma se presentó debajo de 75 m (Figura 22).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio para mayo, concentraciones alrededor de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa, con núcleos de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Chimbote y entre Callao y Pisco. En lo que va de junio, estas concentraciones han disminuido, predominando valores entre $0,5$ a $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 30 mn a lo largo de la costa (Figuras 32 y 33). En mayo han predominado anomalías de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 60 mn, siendo más negativas entre Huacho y Pisco ($-2 \mu\text{g L}^{-1}$). En lo que va de junio, las anomalías de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ se han replegado a la costa, dentro de las 30 mn de Paita a San Juan; mientras que, en la zona sur se observaron concentraciones dentro del rango neutro (Figura 32). La disminución de la productividad en mayo y junio podría estar relacionada al aumento de la nubosidad, la profundización de la capa de mezcla a consecuencia de vientos más intensos en mayo, y más recientemente, al efecto de la onda Kelvin cálida que suele profundizar la termoclina.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, la anchoveta (*Engraulis ringens*), en la región norte – centro, del 16 de abril hasta el 09 de junio, durante la primera temporada de pesca del 2024, presentó una amplia y continua distribución latitudinal, desde Sechura hasta Bahía Independencia, dentro de las 50 mn de la costa. Registró dos núcleos de mayor concentración, de Chicama a Casma y de Callao a Pisco (Figura 34 a). En mayo se evidenciaron los mayores volúmenes de desembarque con un promedio diario alrededor de las 50 mil t (Figura 35 a). La estructura de tallas varió de 9,0 a 15,0 cm longitud total (LT), con moda adulta en 13,0 cm LT. La incidencia de la talla mínima de captura fue 9,2 % en número y 5,0 % en peso. La mayor presencia de juveniles (superior al 50 %) se mantuvo entre los 11°S y 13°S (Figura 36 a). Según distancia de la costa, la mayor incidencia de juveniles se presentó dentro de las 10 mn (42 %), disminuyendo progresivamente por fuera de las 30 mn. Asimismo, los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte – centro, mantuvieron una baja actividad desovante en mayo, acorde a lo esperado para esta época (Figura 37).

En la región sur, la anchoveta se distribuyó de Atico a Morro Sama dentro de las 20 mn (Figura 34 b). El volumen de pesca presentó una tasa de captura diaria de 569 t (Figura 35 b). La estructura de tallas varió de 7,5 a 15,0 cm LT, con moda adulta en 13,0 cm LT. La incidencia de la talla mínima de captura fue 73,4 % en número y 62,2 % en peso (Figura 36 b).

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus peruanus*), se distribuyeron dentro de las 20 mn a lo largo de la costa, principalmente de Mollendo a Morro Sama, con mayor concentración en el sur del litoral, dentro de las 30 mn de la costa. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), mantuvo su cobertura latitudinal desde Punta Sal (Tumbes) hasta Morro Sama (Ilo), dentro de la 50 mn de la costa. La especie norteña sierra (*Scomberomorus sierra*), evidenció un retorno hacia el norte debido al enfriamiento de las masas de agua en la zona centro. Las cuatro (4) especies mencionadas fueron capturadas por la flota artesanal (Figura 38).

La fragata (*Fregata magnificens*) ave marina asociada a aguas cálidas, que tuvo presencia frente a la costa norte desde noviembre del 2022, con el cambio de condiciones a neutras a ligeramente frías, no registró avistamientos en mayo. Se mantuvo la presencia de petrel de barba blanca (*Procellaria aequinoctialis*) y pardela gris (*Ardenna grisea*) aves marinas asociadas a condiciones frías (Figura 39).

Respecto a la merluza (*Merluccius gayi peruanus*), durante el periodo de mayo hasta el 9 de junio, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta 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 peruano y los 4°S, donde los valores de CPUE no mostraron una tendencia muy definida, y ii) el área comprendida entre los 4°30'S y los 5°30'S, donde los valores de CPUE en mayo fueron los más altos de los últimos cinco meses (Figuras 40 y 41). Se mantuvo la presencia de ejemplares de menor tamaño (< 28 cm LT) que ingresaron a la zona de pesca en septiembre de 2023; sin embargo, estos ejemplares han mostrado un crecimiento en tamaño desde su registro inicial, entre el extremo norte hasta los 6°S, señalando un proceso de reclutamiento continuo (Figura 42).

Para los recursos invertebrados, se observó una disminución de los desembarques del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). El pulpo (*Octopus mimus*) se mantuvo y se observó un ligero aumento de los desembarques del calamar común (*Doryteuthis gahi*) y del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) para el mes de mayo, con un panorama favorable, para este último, en los primeros días de junio. En el período más reciente, las capturas del calamar gigante estuvieron distribuidas principalmente frente a Salaverry (8°S – 9°S) e Ilo (16°S – 17°S), hasta las 100 mn de la costa, registrando los mayores valores frente a Malabrigo y Ático (Figura 43).

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de mayo y los primeros diez (10) días del mes de junio del 2024 los ríos de la vertiente del pacifico norte de Chira hasta el río Chicama, sus caudales estuvieron ligeramente debajo de lo normal, cabe mencionar que estos valores de anomalías ya se vienen observando desde los últimos días del mes de febrero, mientras que los ríos del pacifico centro y pacifico sur del país presentan caudales dentro de lo normal a sobre lo normal, pero con predominio de condiciones normales.

En los ríos de la vertiente del Amazonas, predominan condiciones normales, en su gran mayoría, pero el río Amazonas en la estación Tanshiyacu, ya desde marzo viene registrando anomalías ligeramente por debajo de lo normal agudizándose en periodo del presente análisis, también, en los primeros días del mes de junio los caudales muestran, en esta región valores por debajo de lo normal, como es el caso del río Huallaga, Mantaro y Apurímac.

Los ríos de la vertiente del Titicaca tienen condiciones muy variadas, predominando caudales ligeramente por debajo de lo normal, a excepción del río Ramis, que muestra caudales sobre lo normal. Por otro lado, el lago Titicaca ha tenido una ligera disminución en sus niveles, asimismo, es necesario indicar que estos niveles son menores a los del año pasado, que manifiesta los niveles más bajos registrados desde el año 80 (Tabla 4)

Los principales embalses del país, al 11 de junio del 2024 se encuentran al 87,1 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses siguen incrementando sus volúmenes almacenados, pero ya de forma muy ligera, pero en la zona sur y la sierra empiezan a disminuir ligeramente (Tabla 5).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango de la costa norte, las temperaturas máximas de ligeramente cálidas a normales y temperaturas mínimas de habituales a ligeramente frías fueron favorables para la floración de las variedades como Edward en Piura; asimismo, en Lambayeque dichas condiciones térmicas también promovieron el inicio de floraciones en el mango Edward y la maduración de brotes en el mango Kent. Para campaña de arroz 2023/2024 de la costa norte, en las zonas de observación de El Partidor (Piura); Oyotun y Puchaca (Lambayeque), evidenciaron arrozales en maduración del grano y cosecha, mayoritariamente, favorecido por las condiciones térmicas normales. En la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas en torno a sus normales propiciaron la finalización de cosecha de la aceituna negra (Figura 44).

IV. PERSPECTIVAS

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de mayo, indica que la probabilidad de que el índice E, relacionado con El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), mantiene la tendencia a disminuir, siendo los máximos valores negativos entre los meses de julio y agosto de 2024. Sin embargo, a partir del agosto, se observa una tendencia positiva hasta el mes de abril de 2025, manteniéndose en el rango negativo. Por lo pronto, no existe probabilidad de que el próximo año se desarrolle un evento Niño E fuerte. De la misma forma, el índice C, relacionado con El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra una tendencia a decaer, con sus máximos valores negativos en el verano de 2025 (Figura 45).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5-NEMO, NASA-GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de junio de 2024, indican que para el Pacífico central (Niño 3.4), en julio se esperaría una condición neutra. Para agosto y septiembre, se esperarían condiciones frías débiles, y para el período de octubre a enero de 2025, las condiciones serían frías moderadas. Finalmente, entre febrero y abril, las condiciones variarían de frías moderadas a frías débiles (Tabla 6). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, condiciones neutras entre los meses de junio y abril de 2025. Sin embargo, los índices indican anomalías negativas, siendo la menor anomalía en el mes de julio (Tabla 7).

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 2 c) y la profundidad de la termoclina (Figura 2 b), no se esperan mayores impactos de las ondas Kelvin, tanto frías como cálidas, debido a su debilidad. Lo mismo se aprecia, por el momento, en la señal de la onda Rossby, tanto en la zona oriental como en la occidental (Figura 3 b). En la profundidad de la termoclina, según lo observado hasta la fecha, se espera el arribo de un nuevo paquete de ondas Kelvin frías que posiblemente afecten la costa hasta agosto. Sin embargo, se observa que las ondas Kelvin frías están arribando debilitadas.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 46) como de NCEP (Figura 47), y luego con vientos igual a cero, indica que en los siguientes meses se espera el arribo de ondas Kelvin frías, al menos hasta el mes de agosto. Según la simulación que usa el esfuerzo de viento pronosticado a 40 días de CFSv2 (Figura 48), si bien también muestra solo la presencia de ondas Kelvin frías para los próximos meses, un nuevo núcleo intenso arribaría en agosto y otro en septiembre. Asimismo, se debe tomar en cuenta que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 08 de junio 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que, entre junio, julio y agosto 2024 arribarían a las costas sudamericanas dos ondas Kelvin frías y dos cálidas. En lo que resta de junio, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin fría (modo 2), la que fue forzada durante el mes de mayo debido a las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central. Por otro lado, otra onda Kelvin fría (modo 1), generada en el Pacífico ecuatorial occidental debido a las anomalías de vientos del este en mayo, llegará a Sudamérica en julio. Entre julio y agosto, se espera la llegada de una onda Kelvin cálida (modo 1), que se habría generado en el Pacífico ecuatorial occidental debido a la reflexión de una onda Rossby cálida. Finalmente, una onda Kelvin cálida (modo 2) generada en el Pacífico ecuatorial occidental por las anomalías de vientos del oeste, llegaría a Sudamérica en agosto (Figura 49). Cabe señalar, que el paso repetido de las ondas Kelvin frías ha contribuido en la superficialización de la termoclina en el Pacífico ecuatorial y frente a las costas de Sudamérica.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados que indican un enfriamiento en el rango de las condiciones frías débiles en la región Niño 1+2 durante mayo, así como de los modelos de ondas que se tienen hasta la fecha que señalan el predominio del arribo de ondas de Kelvin frías hasta agosto, en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones frías asociadas a La Niña costera entre julio y setiembre, mientras que entre setiembre y enero, las condiciones más probables serían neutras, acorde a la tendencia que señalan los modelos climáticos internacionales (Figura 50). Asimismo, para el verano 2024-2025, en la región Niño 1+2 se estima que son más probables las condiciones neutras (45 %), seguida de La Niña costera (37 %) (Tabla 8). Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) es más probable que en julio prevalezcan las condiciones neutras; mientras que, desde agosto hasta enero, por lo pronto, son más probables las condiciones frías débiles (Figura 50), con una mayor intensidad hacia fin de año, señalando el posible desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central. Para el verano 2024-2025, es más probable La Niña de magnitud débil (Tabla 9).

El pronóstico estacional vigente para junio-agosto de 2024⁴ indica valores de temperaturas mínimas del aire inferiores a lo normal en la costa peruana y temperaturas máximas de normales a inferiores de lo normal. En la Amazonía y región andina predominarán condiciones térmicas normales o por encima de lo normal, en promedio. Asimismo, se debe tener en cuenta que, de consolidarse La Niña en el Pacífico central podrían presentarse lluvias por debajo del promedio durante la primavera, principalmente en la región andina central y sur.

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-47.pdf>

De acuerdo con el pronóstico hidrológico⁵, entre junio y agosto, en la región hidrográfica del Pacífico se prevén que predominen caudales debajo de lo normal en los ríos Chira y Piura; en el rango normal y muy sobre lo normal en los ríos Rímac y Mala, respectivamente, y normal en el río Ocoña. Es necesario recordar que entre mayo a agosto se registran los caudales más bajos del año debido al estiaje. En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales debajo de lo normal, acentuándose a anomalías más negativas para los meses septiembre y octubre. Finalmente, se prevén caudales normales en el río Amazonas.

En cuanto a los recursos pesqueros, se espera que en las próximas semanas la anchoveta del stock norte-centro mantenga una amplia distribución hasta más allá de las 30 millas náuticas y la separación espacial de cardúmenes de adultos y juveniles en la zona norte. Además, se mantendría la disponibilidad del jurel y de la caballa frente a la zona costera de la región sur. Asimismo, en el caso del calamar gigante o pota se espera que su disponibilidad aumente en la medida que las condiciones frías se mantengan, retomando sus zonas de pesca frente a la costa sur.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desde mayo se viene observando un enfriamiento anómalo de las temperaturas del mar en la región Niño 1+2. Se espera que estas condiciones persistan, por lo pronto hasta setiembre, con lo cual es más probable el desarrollo de un evento La Niña Costera de magnitud débil, que condicionaría temperaturas del aire por debajo de lo normal en la costa peruana. Por lo tanto, la Comisión Multisectorial del ENFEN modifica el estado del sistema de alerta a “Vigilancia de La Niña Costera”⁶.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha⁷, en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones frías entre julio y setiembre y neutras entre setiembre y enero.

Se recomienda a los tomadores de decisiones y población en general tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo tanto de los pronósticos estacionales como de la posible presencia de La Niña en el Pacífico central para el verano 2023-2024. Esto con la finalidad que se adopten las acciones que correspondan para la preparación y reducción del riesgo de desastres.

⁵ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-46.pdf>

⁶ Vigilancia de La Niña Costera: Según los modelos y observaciones, la Comisión ENFEN estima que es más probable que ocurra La Niña costera a que no ocurra.

⁷ Hay que tomar en cuenta que los pronósticos de los modelos climáticos son menos confiables en el presente período, como consecuencia de la barrera de predictibilidad (<https://doi.org/10.1002/joc.3513>). Esta situación mejorará con los pronósticos de los siguientes meses.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. Asimismo, en consideración a la activación del estado de vigilancia, el ENFEN intensificará el análisis de las condiciones observadas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 12 de julio de 2024.

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 2021-2022 (ERSSTv5)									
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4		
Dic. 23	24.42	1.61	27.24	2.02	28.62	2.03	30.04	1.50	
Ene. 24	25.86	1.29	27.52	1.86	28.36	1.82	29.86	1.55	
Feb.	27.21	1.11	27.92	1.52	28.27	1.52	29.46	1.26	
Mar.	26.77	0.28	28.03	0.83	28.42	1.13	29.31	0.99	
Abr.	25.34	-0.20	28.08	0.50	28.61	0.79	29.55	0.93	
May.	23.27	-1.15	27.12	-0.14	28.25	0.32	29.72	0.81	

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)									
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4		
08-May-24	24.3	-0.4	27.3	0.0	28.2	0.3	29.5	0.8	
15-May-24	23.4	-1.1	27.0	-0.2	28.1	0.2	29.4	0.7	
22-May-24	23.1	-1.1	26.8	-0.2	28.0	0.2	29.5	0.6	
29-May-24	22.8	-1.1	26.6	-0.3	27.9	0.1	29.5	0.7	
05-Jun-24	23.1	-0.5	26.5	-0.3	27.9	0.1	29.6	0.8	

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
may-23	2,55	Cálida Fuerte	0,47	Neutro
jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte
nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1,29	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.98	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
mar-24	0.57	Cálida Débil	1.15	Cálida Moderada
abr-24	-0.11	Neutro	0.75	Cálida Débil
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
may-24	-0.56	Neutro	0.42	Neutro

Fuente: IGP

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 10 de junio del 2024

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)		Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición
		Mayo 2024									Jun- 2024				
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	191.66	146.59	114.13		99.65	83.79	127.16	22.36	Ligeramente sobre lo normal	71.37	67.92	69.65	-2.06	Normal
	Tumbes El Tigre	243.66	203.40	128.68	129.94	102.28	78.73	147.78	-8.60	Normal	61.32	51.67	56.50	-20.50	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chira (ardilla)	99.56	74.82	64.47	68.28	62.69	41.92	68.62	-32.14	Ligeramente por debajo de lo normal	34.25	40.31	37.28	-50.84	Significativamente por debajo de lo normal
	Chira (Puente Suallana)	6.06	5.25	5.00	5.00	5.00	5.56	5.31	-82.57	Significativamente por debajo de lo normal	6.48		6.48	-35.62	Ligeramente por debajo de lo normal
	Piura	0.48	0.33	0.55	0.25	0.00	2.12	0.62	-96.13	Significativamente por debajo de lo normal	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal
	Quiroz	19.86	18.18	16.87	25.49	19.32	10.52	18.37	-23.01	Ligeramente por debajo de lo normal	8.14		8.14	-62.51	Significativamente por debajo de lo normal
	Motupe	1.70	1.73	1.71	1.30	1.08	0.92	1.41	-4.95	Normal	0.88		0.88	-42.26	Ligeramente por debajo de lo normal
	La Leche	7.35	9.90	5.40	4.76	2.73	3.10	5.54	-23.10	Ligeramente por debajo de lo normal	1.98		1.98	-52.01	Significativamente por debajo de lo normal
	Chancay Lambayeque	55.40	42.98	32.40	51.88	30.48	30.23	40.56	-0.57	Normal	19.49	17.64	18.56	-30.54	Ligeramente por debajo de lo normal
	Zaña	8.99	8.02	6.90	8.35	8.60	8.23	8.18	-22.54	Ligeramente por debajo de lo normal	6.40	6.74	6.57	-17.16	Ligeramente por debajo de lo normal
	Jequetepeque	27.77	25.45	21.78	23.80	18.42	14.99	22.03	-13.97	Normal	9.34	7.63	8.48	-37.62	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chicama (Salinar)	25.59	21.38	12.51	11.07	14.50	17.49	17.09	-61.51	Significativamente por debajo de lo normal	5.42	4.36	4.89	-66.51	Significativamente por debajo de lo normal
	Chicama (Tambo)	25.09	22.64	19.67	18.67	14.73	12.65	18.91	7.35	Normal	9.84	8.33	9.08	-1.63	Normal
	Moche	10.73	7.47	8.87	7.14	4.67	3.29	7.03	16.08	Ligeramente sobre lo normal	1.71	0.57	1.14	-43.63	Ligeramente por debajo de lo normal
	Santa	158.92	138.35	119.03	137.08	105.05	87.99	124.40	20.79	Ligeramente sobre lo normal	77.62	68.73	73.18	15.30	Ligeramente sobre lo normal
Pacífico Centro	Pativilca	40.74	37.62	31.36	33.60	29.08	26.34	33.12	-0.30	Normal	23.70	18.56	21.13	4.52	Normal
	Huaura	17.31	15.80	14.03	14.66	13.11	11.00	14.32	4.57	Normal	9.43	8.03	8.73	-5.79	Normal
	Huaral	15.60	14.73	13.85	14.18	12.99	12.71	14.01	41.55	Ligeramente sobre lo normal	11.90	11.29	11.60	77.17	Significativamente sobre lo normal
	Chillon	3.12	2.52	2.38	2.39	2.18	2.10	2.45	2.84	Normal	1.84	1.72	1.78	-29.37	Ligeramente por debajo de lo normal
	Rimac	26.94	25.32	23.82	23.90	23.03	21.72	24.12	-7.84	Normal	21.11	21.56	21.34	-13.86	Normal
	Lurin	3.66	3.21	2.80	2.62	2.26	2.02	2.76	1.76	Normal	1.75	1.59	1.67	-9.02	Normal
	Mala	9.20	7.86	6.20	5.14	4.40	3.80	6.10	-21.26	Ligeramente por debajo de lo normal	3.20	2.53	2.86	-20.26	Ligeramente por debajo de lo normal
	Cañete	40.57	34.67	31.16	29.34	26.67	25.38	31.30	-4.13	Normal	23.57	23.69	23.63	6.51	Normal
	San Juan	10.17	11.27	8.87	7.62	7.62	6.26	8.64	161.00	Significativamente sobre lo normal	5.99	5.99	5.99	252.00	Significativamente sobre lo normal
	Pisco	16.14	11.15	8.09	7.74	5.37	3.91	8.73	38.71	Ligeramente sobre lo normal	2.23	2.15	2.19	-3.91	Normal
Pacífico Sur	Ica	5.72	2.92	1.95	1.02	0.79	0.58	2.16	195.49	Significativamente sobre lo normal	0.23	0.27	0.25	161.09	Significativamente sobre lo normal
	Acarí	15.33	8.20	7.69	7.13	5.69	4.82	8.14	-18.70	Ligeramente por debajo de lo normal	3.22	2.74	2.98	-33.59	Ligeramente por debajo de lo normal
	Yauca	19.73	16.60	9.63	5.45	4.17	4.13	9.95	87.81	Significativamente sobre lo normal	3.60	3.08	3.34	34.10	Ligeramente sobre lo normal
	Ocoña	104.64	81.07	73.25	91.18	64.63	55.62	78.40	11.40	Normal	51.07	47.71	49.39	7.08	Normal
	Camaná	81.42	74.53	67.32	66.27	59.76	51.49	66.80	18.02	Ligeramente sobre lo normal	49.26	48.04	48.65	6.13	Normal
	Socabaya	0.15	0.18	0.17	0.11	0.10	0.09	0.13	-17.90	Ligeramente por debajo de lo normal	0.09	0.10	0.10	-77.84	Significativamente por debajo de lo normal
	Huacacane	0.25	0.18	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	2.49	Normal	0.17	0.17	0.17	-3.15	Normal
	Torata	1.17	1.11	1.15	1.07	1.13	1.02	1.11	13.29	Normal	1.05	1.00	1.03	7.09	Normal
	Tumilaca	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.69	0.77	2.70	Normal	0.71	0.68	0.69	2.94	Normal
	Locumba	2.73	2.70	2.69	2.68	2.71	2.84	2.72	6.82	Normal	2.91	2.91	2.91	18.14	Ligeramente sobre lo normal
	Sama	2.02	2.07	2.09	1.92	1.90	1.95	1.99	97.16	Significativamente sobre lo normal	2.06	1.97	2.02	98.83	Significativamente sobre lo normal
Caplina	0.48	0.47	0.48	0.49	0.49	0.54	0.49	-13.83	Normal	0.55	0.54	0.54	-1.32	Normal	
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	550.93	633.16	432.53	443.32	371.53	323.63	459.18	-23.41	Ligeramente por debajo de lo normal	261.80	228.48	245.14	-27.74	Ligeramente por debajo de lo normal
	Marañón (Cumba)	544.57	601.69	443.69	444.06	378.25	340.80	458.84	3.42	Normal	287.96	255.76	271.86	-9.75	Normal
	Crisnejas (Puente)	38.68	20.81	14.39	17.16	11.55	12.28	19.15	-37.54	Ligeramente por debajo de lo normal	6.58	4.27	5.42	-65.84	Significativamente por debajo de lo normal
	Crisnejas (Jesús Túnel)	4.24	3.84	2.39	2.82	1.38	1.21	2.65	-26.38	Ligeramente por debajo de lo normal	0.50	0.43	0.47	-135.81	Significativamente por debajo de lo normal
Rios Navegables Norte	Napo	8194.94	7790.52	8881.50	9960.69	9840.89	9384.05	9008.77	-10.50	Normal	9727.33	9991.17	9859.25	-8.17	Normal
	Marañón (San Regis)		23271.63	23013.28	21603.65	22110.94	22837.90	22567.48	8.43	Normal	22330.47	19266.10	20798.28	-8.53	Normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	35235.85	34412.94	34373.63	33649.87	33515.07	33400.59	34097.99	-22.82	Ligeramente por debajo de lo normal	32214.96	29136.41	30675.68	-19.84	Ligeramente por debajo de lo normal
Huallaga	Sisa	20.60	22.60	23.87	31.07	18.47	54.42	28.50	7.53	Normal					

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)		Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición
		Mayo 2024									Jun- 2024				
	Huallaga (Huayabamba)	1512.07	1256.23	1188.68	1305.92	1110.23	1158.56	1255.28	56.14	Significativamente sobre lo normal	947.96	885.41	916.68	34.24	Ligeramente sobre lo normal
	Tocache	937.93	952.28	965.85	908.81	798.23	767.45	888.42	-5.87	Normal	578.85	519.15	549.00	-45.91	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (Tingo María)	491.15	404.63	403.92	379.90	296.42	306.53	380.43	-5.04	Normal	215.17	179.87	197.52	-26.00	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (Taruca)	72.86	61.52	49.66	49.57	41.20	34.43	51.54	-17.66	Ligeramente por debajo de lo normal	28.65	26.60	27.63	-31.88	Ligeramente por debajo de lo normal
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	143.22	143.21	142.61	142.65	142.04	141.78	142.59	-0.45	Normal	141.11	140.44	140.78	-0.68	Normal
Mantaro	Mantaro (Pongor)	205.95	191.66	156.77	184.38	155.01	136.58	171.73	11.31	Normal	119.81	110.03	114.92	-1.92	Normal
	Mantaro (La Mejorada)	153.94	131.13	120.15	121.68	118.23	93.87	123.17	-3.18	Normal	147.47	132.87	140.17	-10.43	Normal
	Mantaro (Stuart)	50.50	42.75	35.42	30.18	33.82	25.21	36.32	-32.69	Ligeramente por debajo de lo normal	24.65	23.83	24.24	-48.98	Ligeramente por debajo de lo normal
	Mantaro (Chulec)	47.57	42.43	36.93	31.69	40.91	32.23	38.63	-12.52	Normal	31.67	31.05	31.36	-25.01	Ligeramente por debajo de lo normal
Pampas	Pampas	130.03	111.95	101.27	107.77	91.55	81.81	104.06	14.68	Normal	75.82	71.68	73.75	19.17	Ligeramente sobre lo normal
Apurimac	Antabamba	52.33	45.86	38.83	39.93	28.40	21.08	37.74	-18.18	Ligeramente por debajo de lo normal	17.76	16.93	17.34	-55.53	Significativamente por debajo de lo normal
Urubamba	Urubamba (Km 105)	101.82	86.74	70.77	65.69	60.18	52.81	73.00	-0.39	Normal	48.72	45.45	47.09	-9.25	Normal
	Paucartambo	35.59	25.93	21.48	18.51	13.45	9.41	20.73	-9.47	Normal	7.54	4.30	5.92	-193.99	Significativamente por debajo de lo normal
	Pisac	72.64	58.28	50.94	47.20	42.23	34.90	51.03	12.29	Normal	33.72	31.67	32.70	-7.97	Normal
	Chilca	75.42	66.01	59.49	56.65	51.39	47.42	59.40	-6.26	Normal	44.16	41.88	43.02	-12.35	Normal
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	3985.88	4348.07	5085.49	5630.90	4896.88	4121.80	4678.17	21.17	Ligeramente sobre lo normal	3985.88	4585.63	4285.75	5.62	Normal
Titicaca	Huancané	7.93	7.56	6.25	7.69	6.60	4.31	6.72	-23.26	Ligeramente por debajo de lo normal	2503.19	1975.84	2.63	-42.28	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ramis	51.77	53.36	44.46	42.40	38.01	34.27	44.04	3.90	Normal	31.53	27.75	29.64	25.19	Ligeramente sobre lo normal
	Ilave	4.45	4.32	3.88	3.64	3.49	3.36	3.86	-66.06	Significativamente por debajo de lo normal	3.24	3.14	3.19	-63.81	Significativamente por debajo de lo normal
	Coata	16.55	14.36	11.22	10.36	9.10	5.41	11.17	-20.77	Ligeramente por debajo de lo normal	3.92	4.22	4.07	-43.60	Ligeramente por debajo de lo normal

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

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 11 de junio del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	11-Jun	Piura	445.5	428.8	96.3
	San Lorenzo	11-Jun	Piura	195.6	187.4	95.8
	Tinajones	11-Jun	Lambayeque	331.6	186.6	56.3
	Gallito Ciego	11-Jun	La Libertad	366.1	307.6	84.0
	SUB TOTAL			1338.7	1110.4	82.9
Costa - Centro	Viconga	11-Jun	Lima	30.0	23.6	78.7
	Sistema Rimac	31-May	Lima, Junín	282.4	278.3	98.6
	Choclococha	11-Jun	Ica	131.1	110.0	83.9
	Ccaracocha	11-Jun	Ica	40.0	37.7	94.3
	SUB TOTAL			483.5	449.6	93.0
Costa - Sur	Condorama	11-Jun	Arequipa	259.0	247.5	95.5
	El Pañe	11-Jun	Arequipa	99.6	91.0	91.4
	Dique Los Españoles	11-Jun	Arequipa	9.1	2.1	23.1
	Pillones	11-Jun	Arequipa	78.5	79.2	100.0
	El Fraile	11-Jun	Arequipa	127.2	125.3	98.5
	Aguada Blanca	11-Jun	Arequipa	30.4	17.4	57.2
	Chalhuanca	11-Jun	Arequipa	25.0	25.0	100.0
	Bamputañe	11-Jun	Arequipa	40.0	37.2	93.0
	Pasto Grande	11-Jun	Moquegua	200.0	166.1	83.1
	Paucarani	11-Jun	Tacna	10.5	9.2	87.6
	Laguna Aricota	11-Jun	Tacna	280.0	213.4	76.2
	Jarumas	11-Jun	Tacna	13.0	13.0	100.0
	SUB TOTAL			1172.4	1026.4	87.5
Sierra - Centro	Cuchoquesera	11-Jun	Ayacucho	80.0	75.6	94.5
	Lago Junín	11-Jun	Junín	314.7	314.7	100.0
	SUB TOTAL			394.7	390.3	98.9
Sierra - Sur	Lagunillas	11-Jun	Puno	585.1	488.0	83.4
	Sibinacocha	11-Jun	Cusco	110.0	94.60	86.0
	SUB TOTAL			695.1	582.6	83.8
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	3,559.2	87.1

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

Tabla 6 Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4). Fuente: IGP.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2	-0.21	-0.57	-0.89	-1.08	-1.19	-1.21	-1.05	-0.81	-----	-----
CanCM4i	-0.72	-1.04	-1.16	-1.14	-1.17	-1.17	-1.13	-1.02	-0.84	-0.63
GEM5_NEMO	-0.76	-1.08	-1.14	-1.17	-1.24	-1.32	-1.29	-1.18	-1.05	-0.93
NASA	-0.50	0.95	-1.30	-1.52	-1.76	-1.94	-2.02	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.07	-0.15	-0.39	-0.60	-0.80	-0.85	-0.75	-0.55	-0.35	-0.19
COLA-CCSM4	-0.26	-0.56	-0.79	-0.92	-1.05	-1.17	-1.18	-1.02	-0.71	-0.40
COLA_CESM	-0.24	-0.55	-0.78	-0.89	-0.95	-1.00	-0.96	-0.83	-0.67	-0.50
Promedio										
NMME	-0.37	-0.70	-0.92	-1.05	-1.17	-1.24	-1.20	-0.90	-0.72	-0.53

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

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2	-0.41	-0.30	-0.19	-0.15	-0.29	-0.45	-0.44	-0.30	-----	-----
CanCM4i	-0.95	-0.83	-0.59	-0.31	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.01	0.03
GEM5_NEMO	-0.72	-0.63	-0.48	-0.39	-0.51	-0.63	-0.64	-0.48	-0.42	-0.43
NASA	-0.95	-1.03	-1.07	-1.14	-1.20	-1.26	-1.32	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.54	-0.47	-0.32	-0.25	-0.27	-0.32	-0.24	-0.03	0.24	0.45
COLA-CCSM4	-0.88	-0.67	-0.47	-0.41	-0.55	-0.71	-0.70	-0.53	-0.42	-0.28
COLA_CESM	-0.72	-0.46	-0.22	-0.09	-0.12	-0.20	-0.22	-0.16	-0.05	0.07
Promedio										
NMME	-0.74	-0.63	-0.48	-0.39	-0.44	-0.53	-0.52	-0.26	-0.13	-0.03

Tabla 8. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña costeros (región Niño 1+2, frente a la costa norte y centro del Perú) para el verano diciembre 2024-marzo 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	5
La Niña Débil	32
Neutro	45
El Niño Débil	15
El Niño Moderado	3
El Niño Fuerte	0
El Niño Extraordinario	0

Tabla 9. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) para el verano diciembre 2024-marzo 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	1
La Niña Moderada	12
La Niña Débil	48
Neutro	38
El Niño Débil	1
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Muy fuerte	0

6.2. Figuras

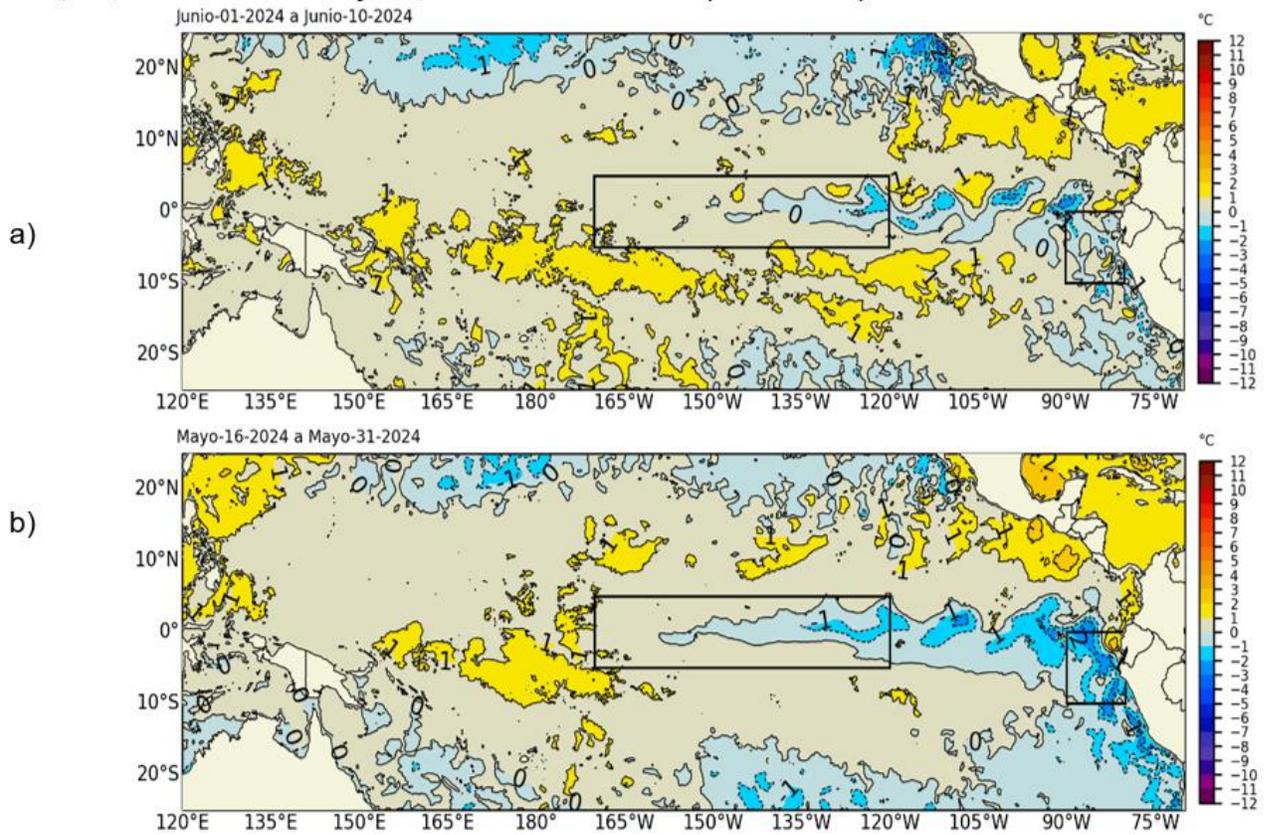


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 01 al 10 de junio 2024, y b) 16 al 31 de mayo 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

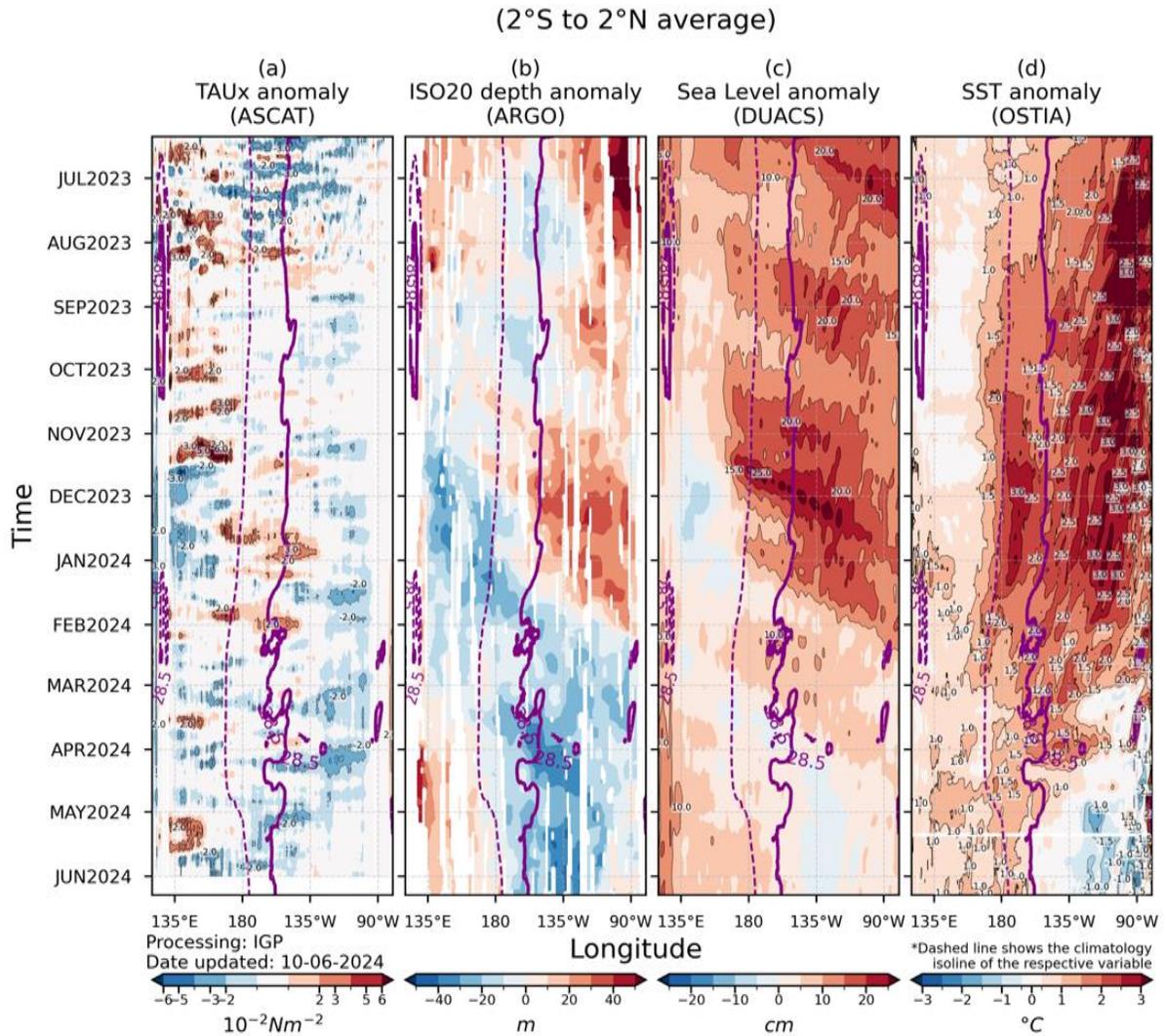


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

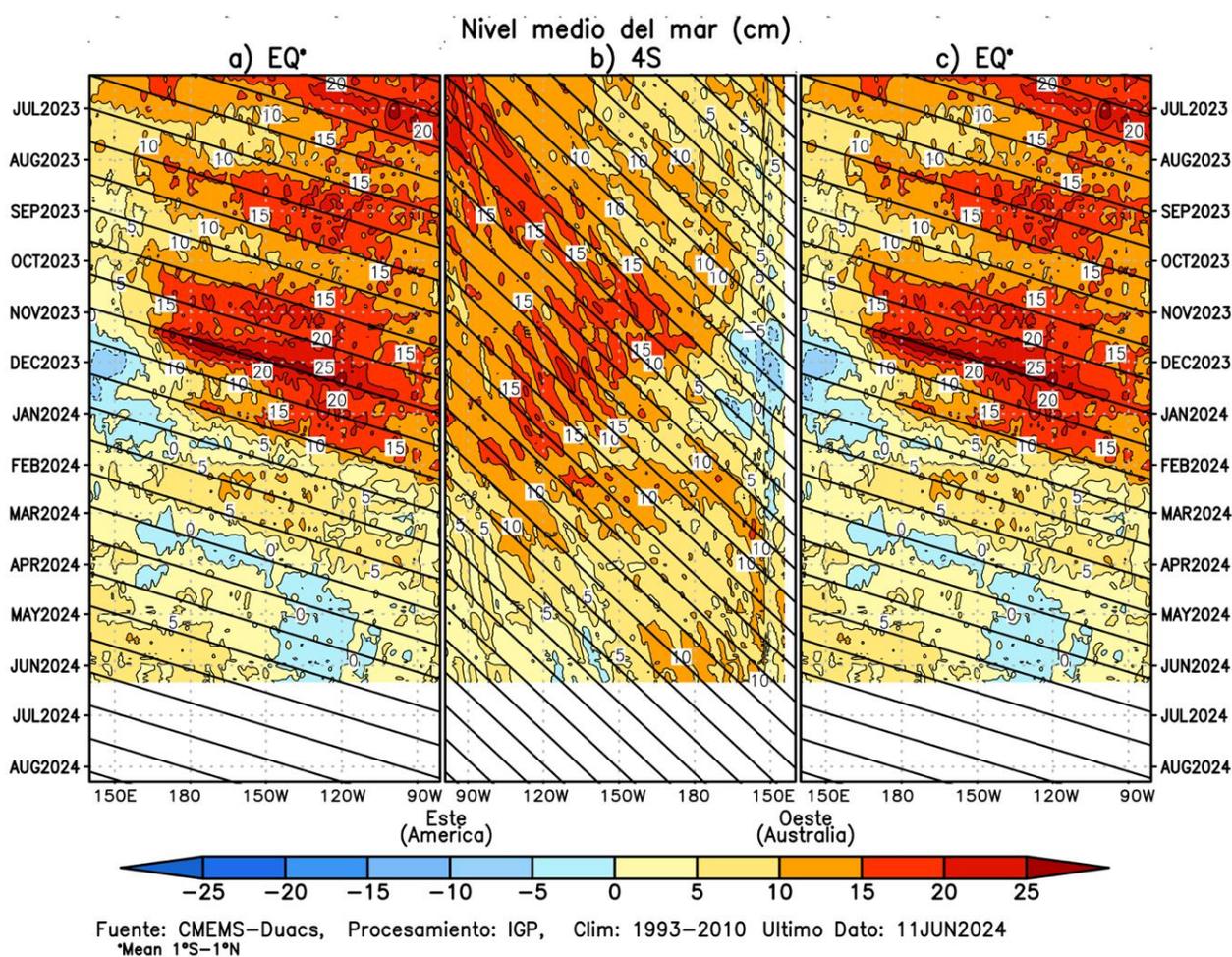


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

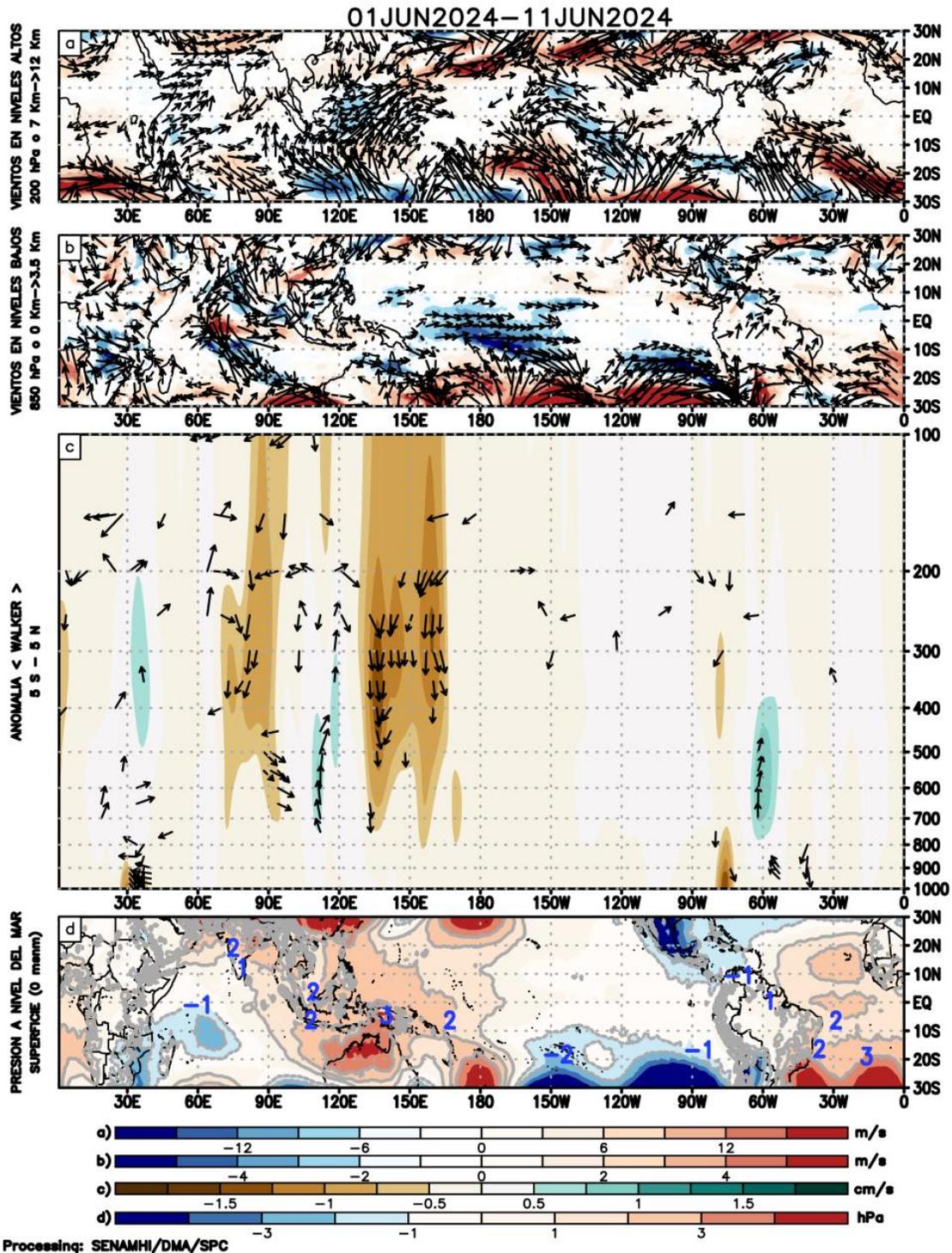


Figura 4. Patrones de la circulación atmosférica tropical entre el 1-11 de junio de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías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

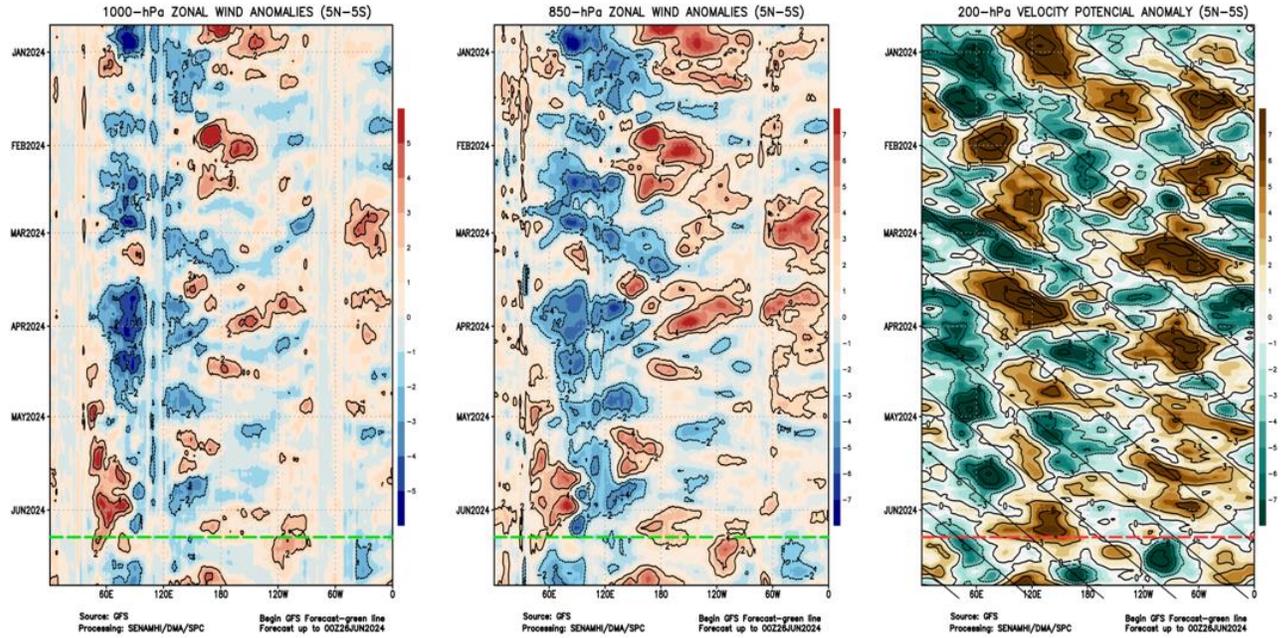
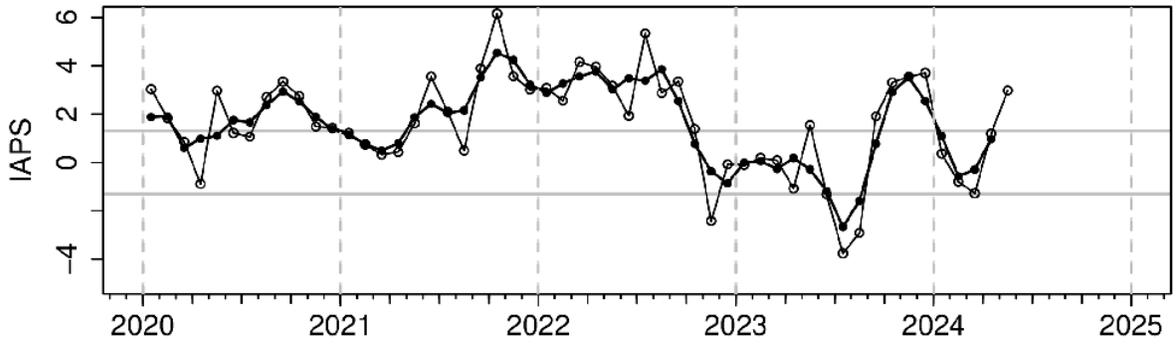
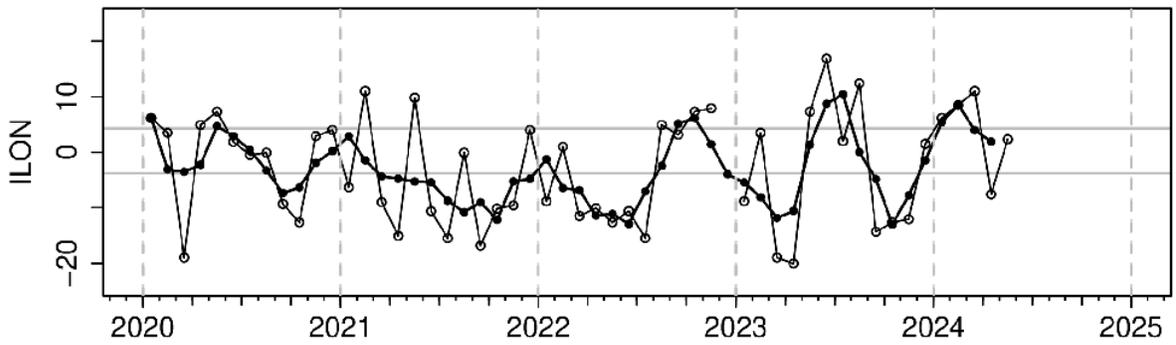


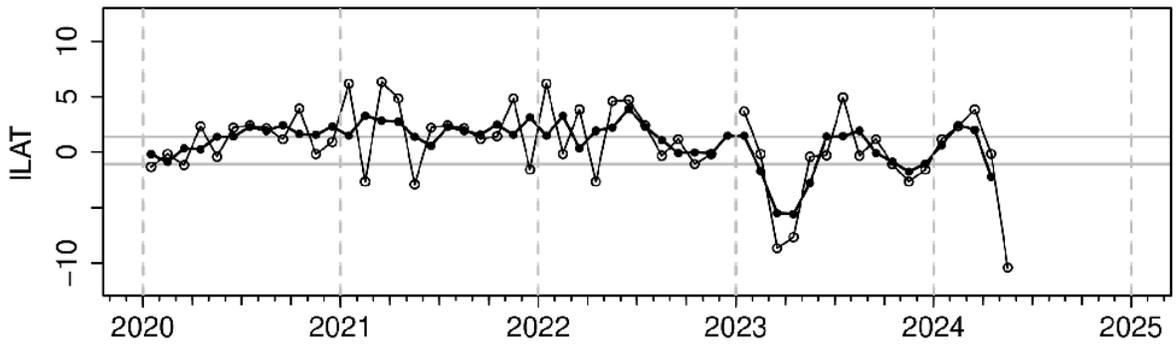
Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S y de enero a junio del 2024, del (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.



(a)



(b)



(c)

Figura 6. 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 MAA 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta mayo 2024 (preliminar). Climatología 1991 – 2020.

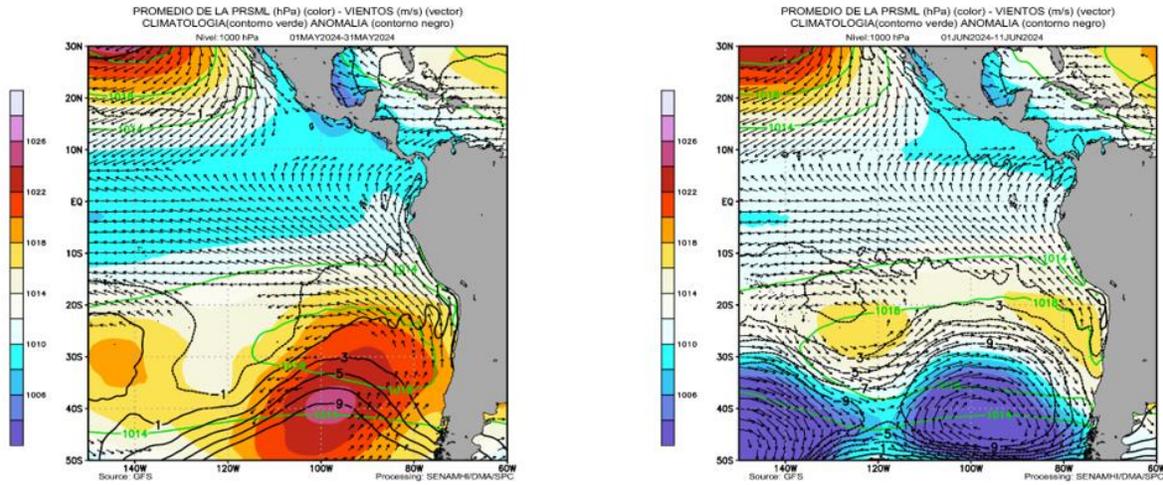


Figura 7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 31 de mayo (izq.) y 01 al 11 de junio (der.) de 2024. Presión promedio en matiz de colores y presión atmosférica climática en línea verde. Anomalía de la presión en líneas negras y anomalías del viento en 850 hPa ($m s^{-1}$) en vectores. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

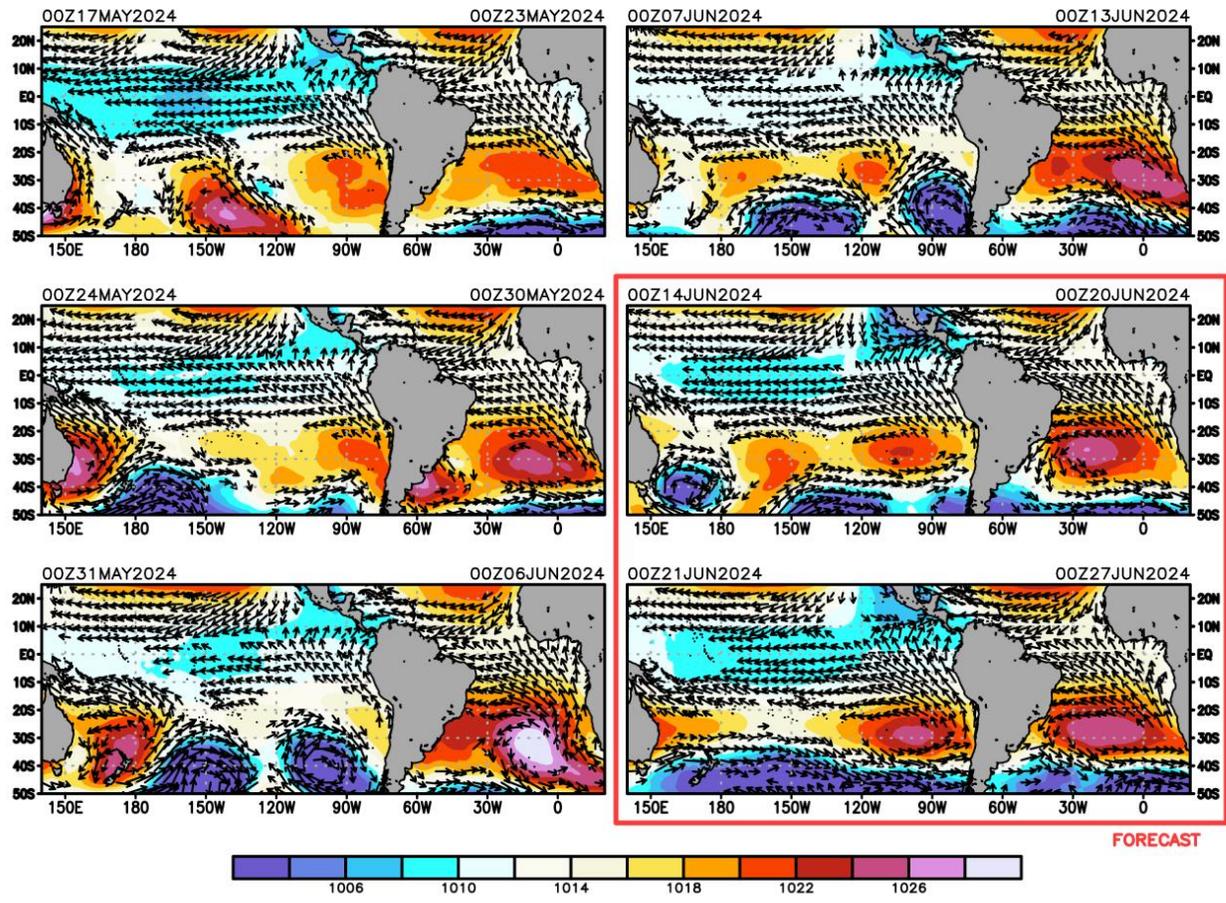


Figura 8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas), del 17 de mayo al 13 de junio de 2024 (retrospectivo) y del 14 al 27 de junio del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

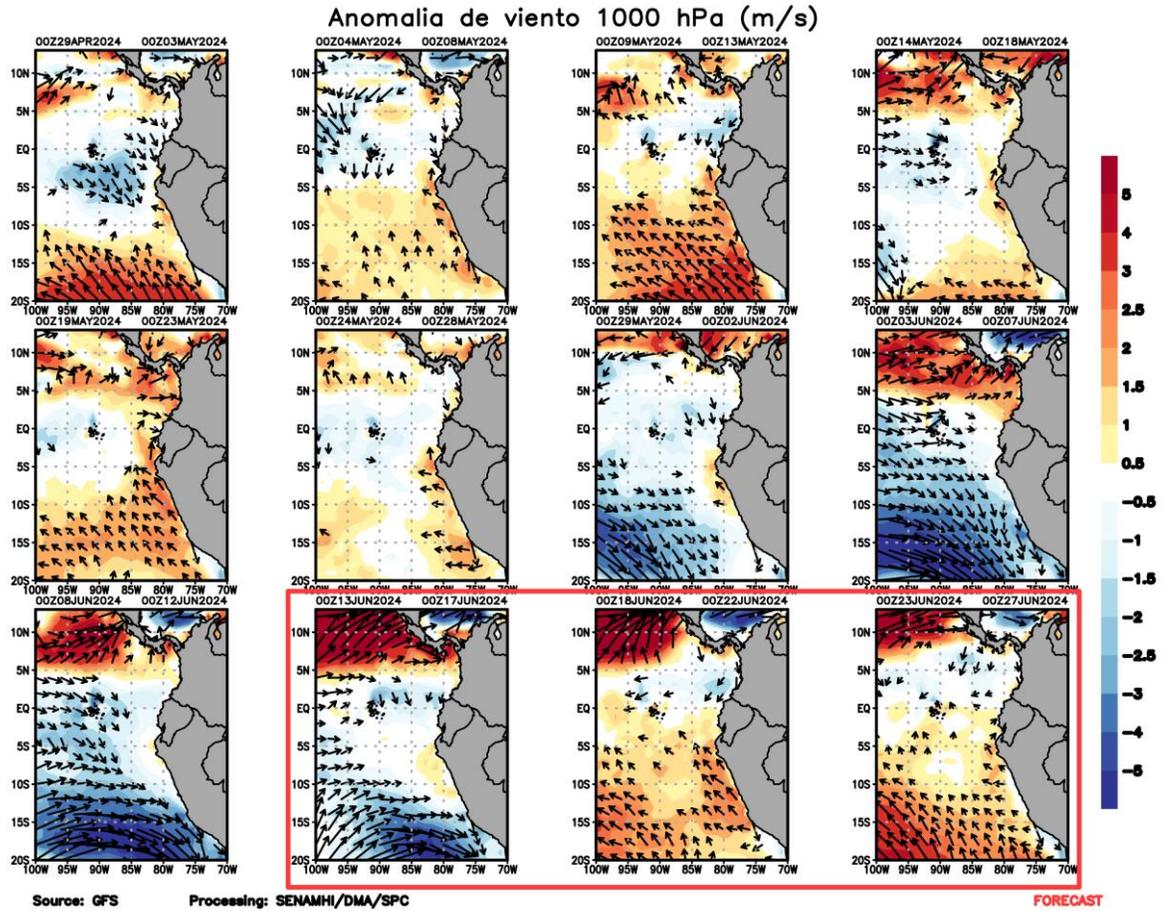


Figura 9. Anomalia pentadal del viento (m s^{-1}) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica, del 29 de abril al 12 de junio de 2024 (retrospectivo) y del 13 al 27 de junio del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

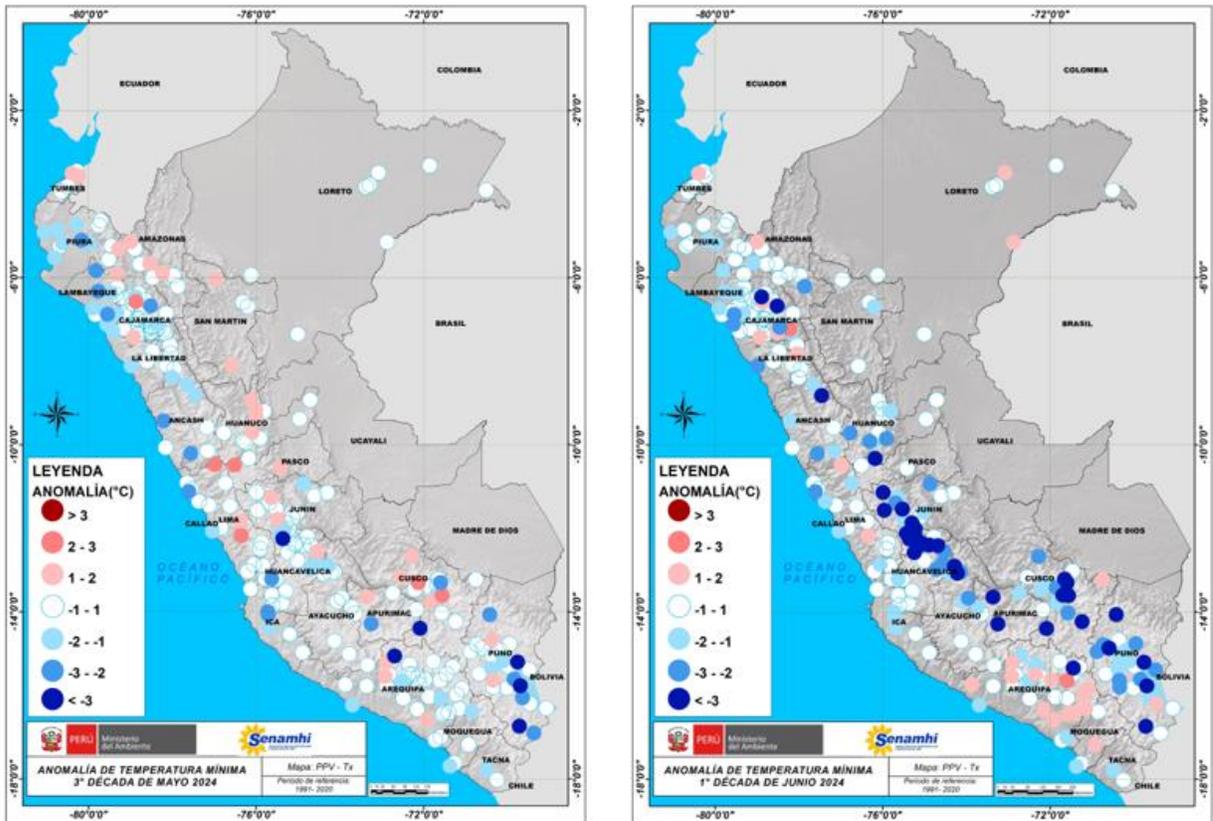


Figura 10. Anomalía mensual de precipitación (%) para el 21-31 de mayo (izq.) y 1-10 de junio (der.) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

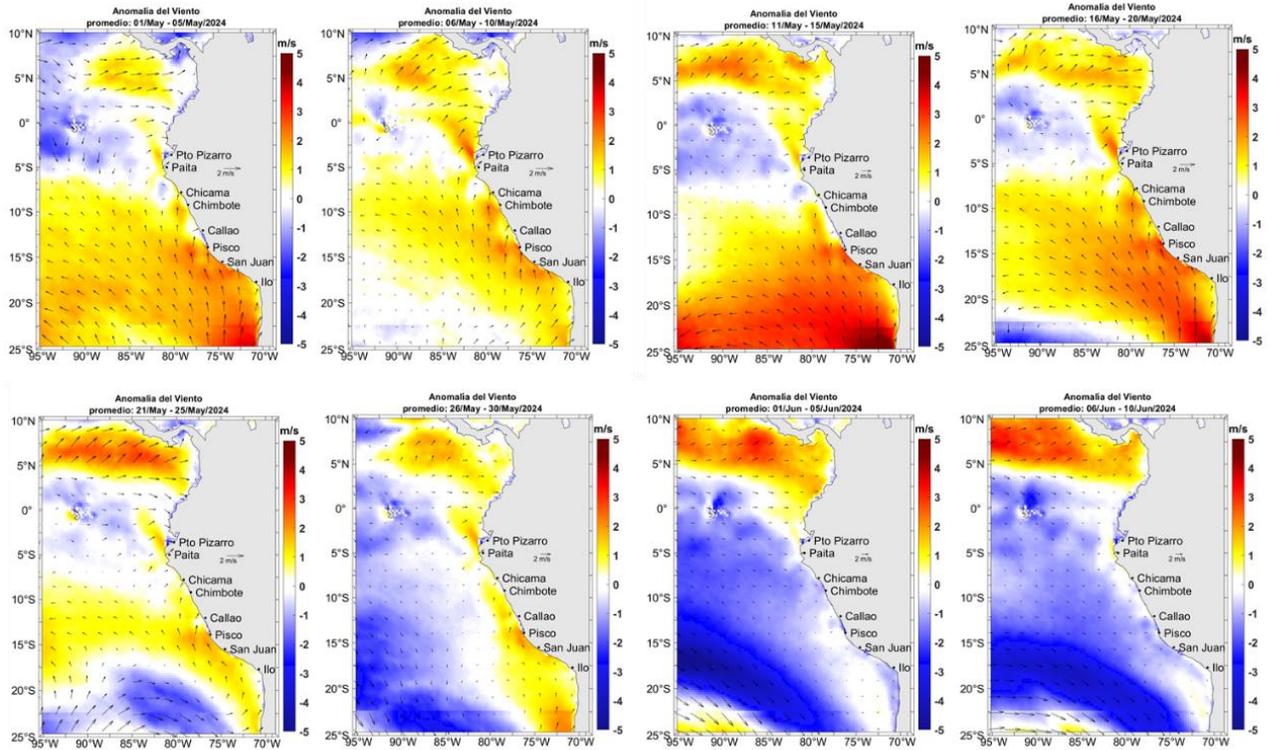
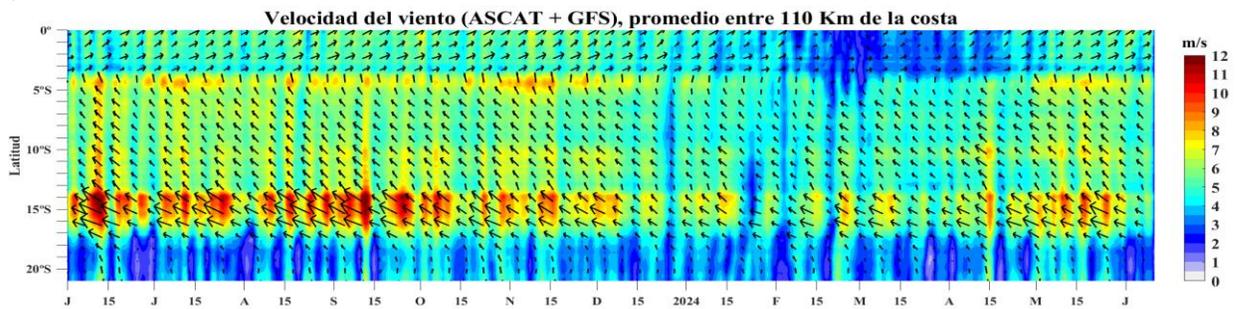


Figura 11. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 al 30 de mayo 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

a)



b)

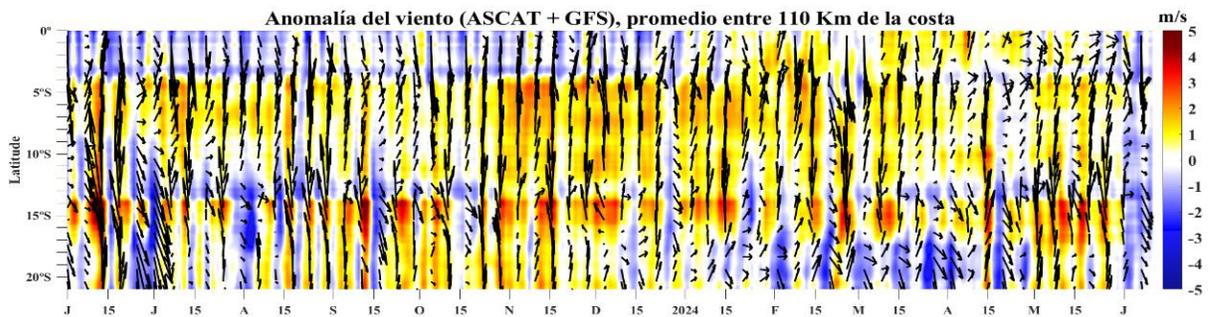


Figura 12. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 11 de junio.

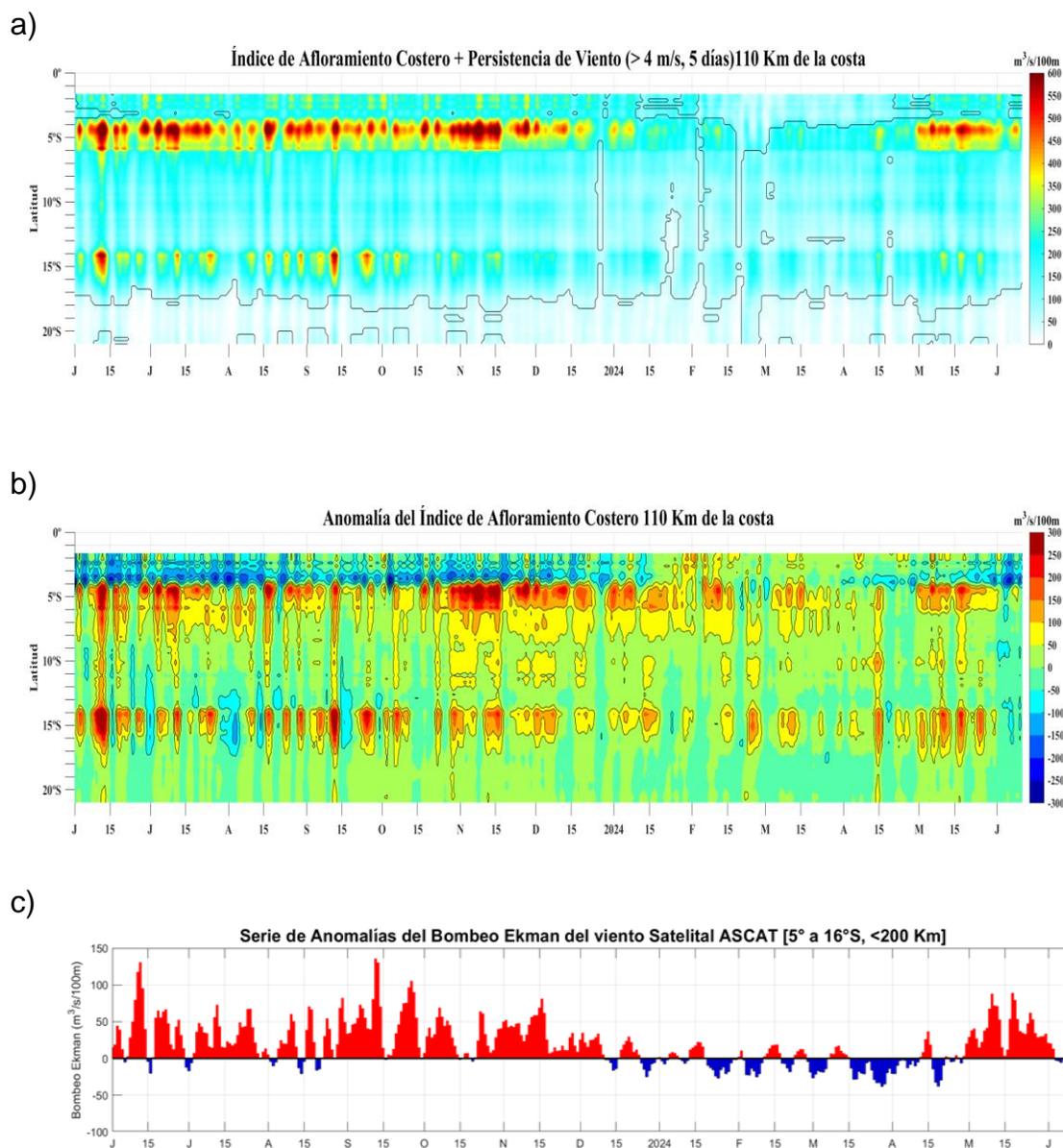


Figura 13. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 11 de junio.

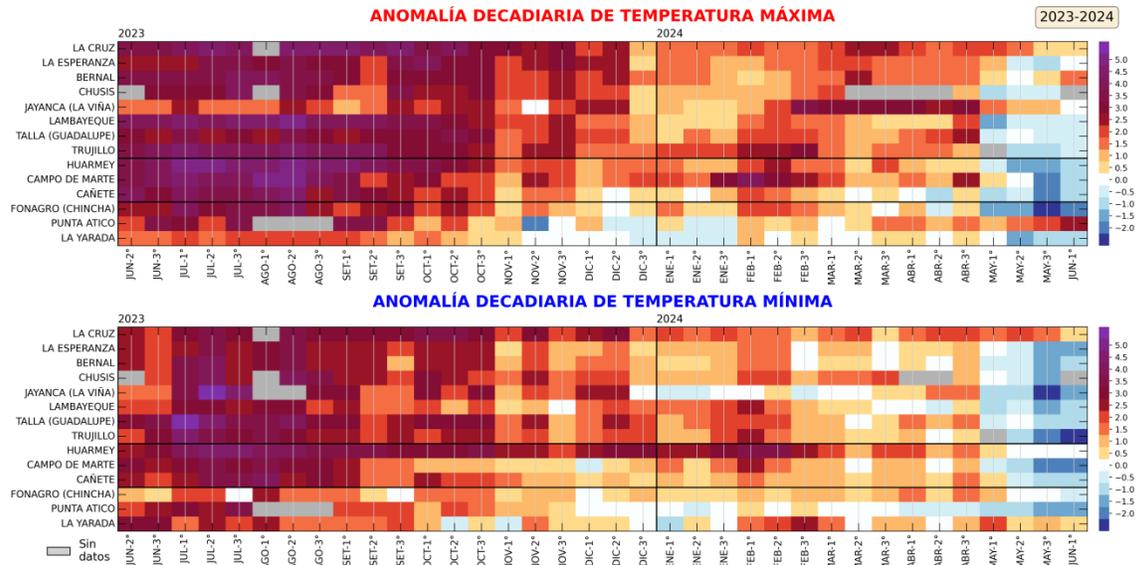


Figura 14. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

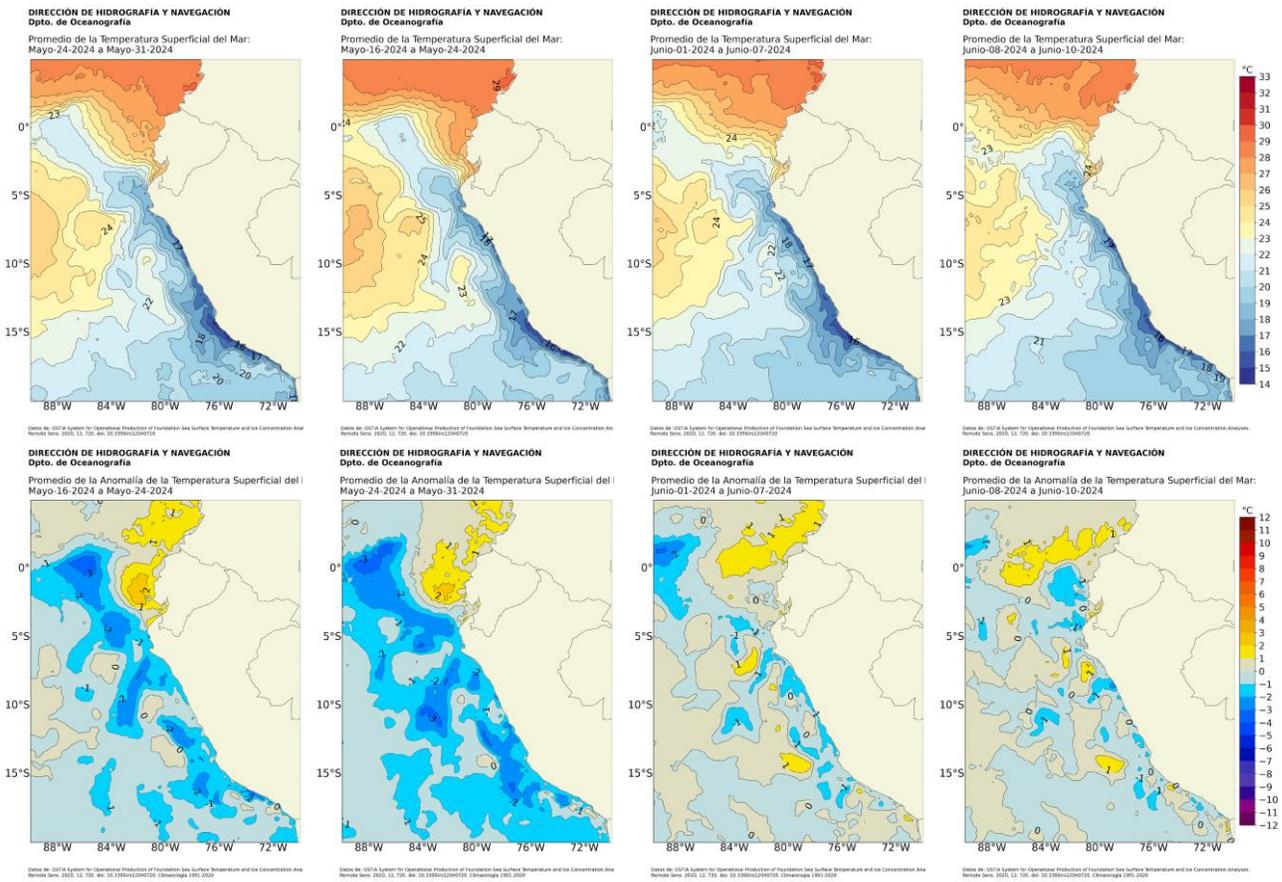
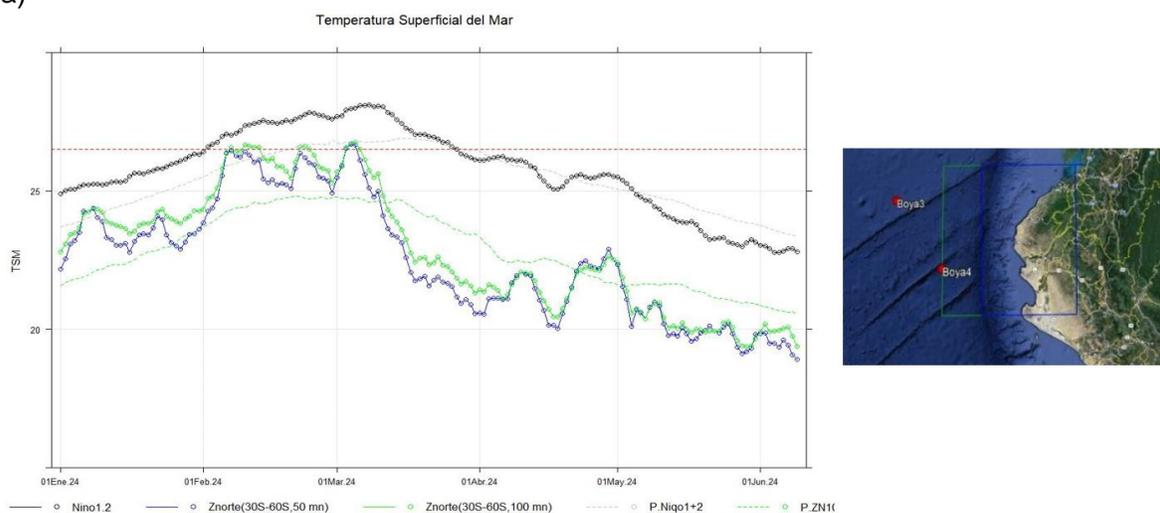


Figura 15. Distribución semanal a) temperatura superficial del mar (TSM) y b) anomalía de la TSM, del 16 de mayo 2024 al 10 de junio 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

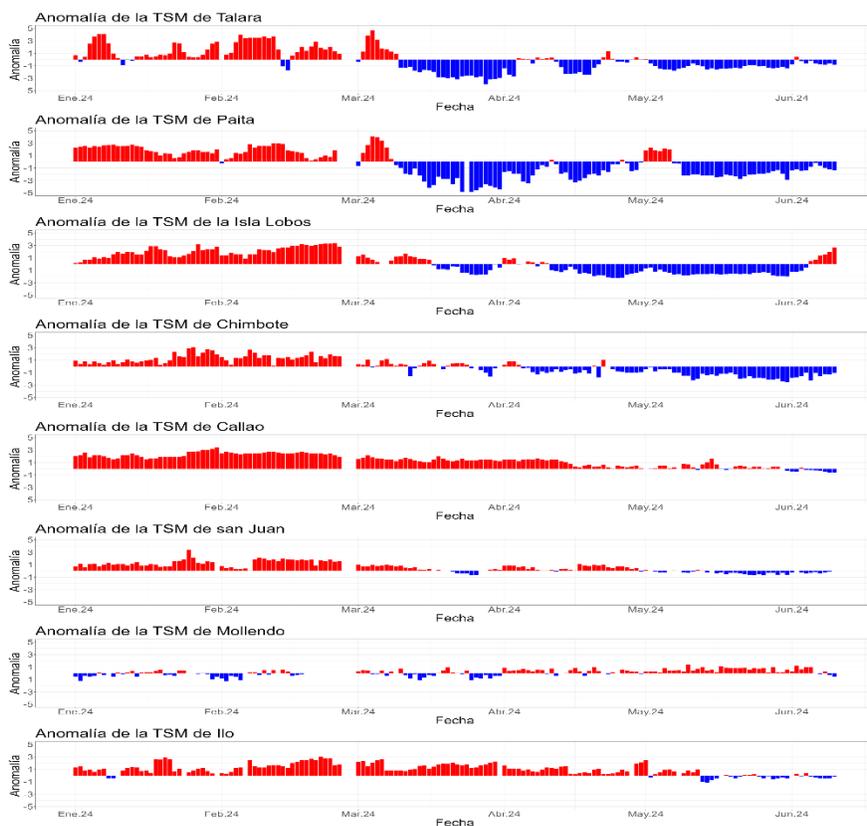


Figura 16. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 09 de junio 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero al 10 de junio 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

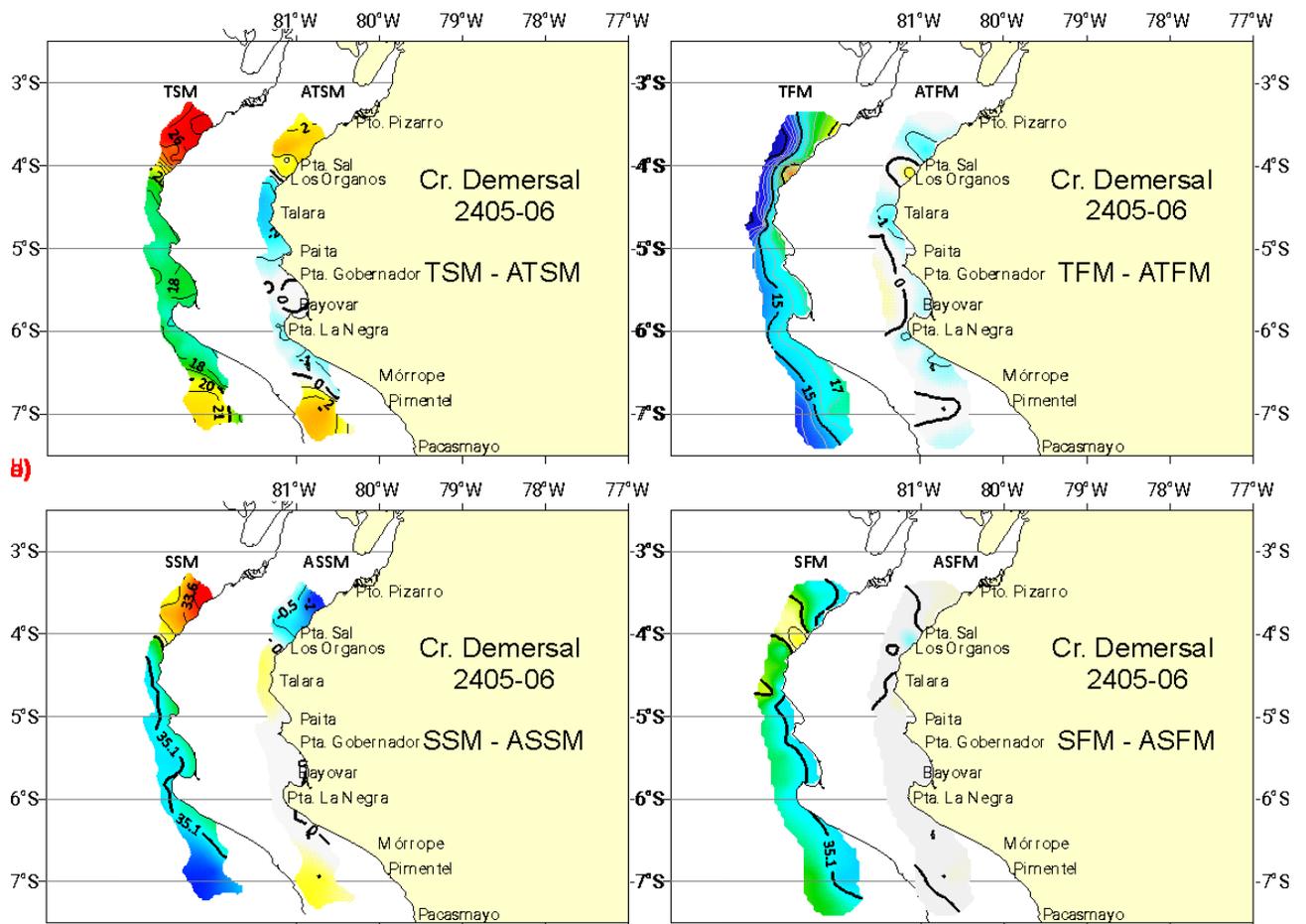
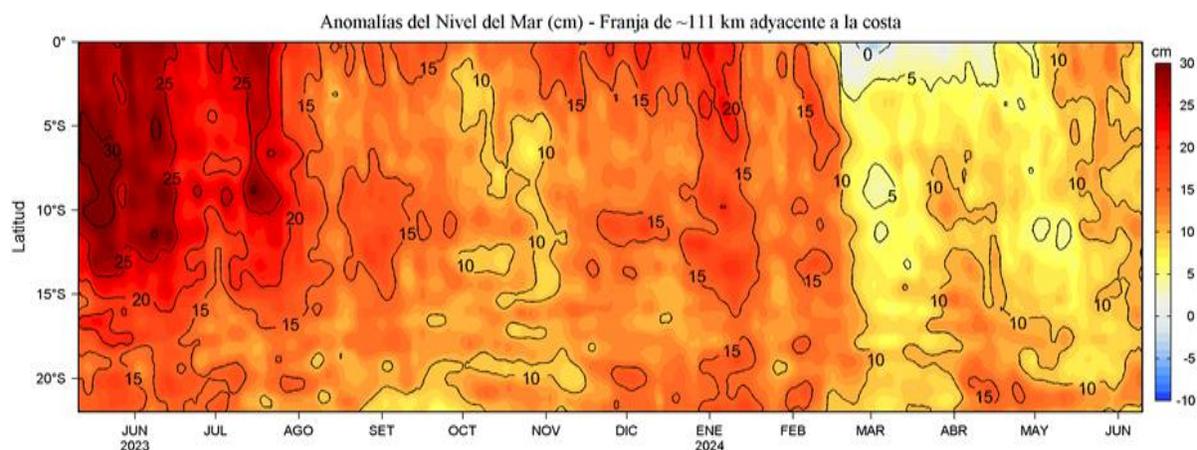


Figura 17. Distribución espacial de a) la temperatura superficial del mar y sus anomalías, b) temperatura de fondo de mar y sus anomalías, c) salinidad superficial del mar y sus anomalías y d) salinidad de fondo de mar y sus anomalías, registradas durante el crucero demersal Cr 240506, a bordo del BIC Humboldt, entre el 24 de mayo al 09 junio del 2024.

a)



b)

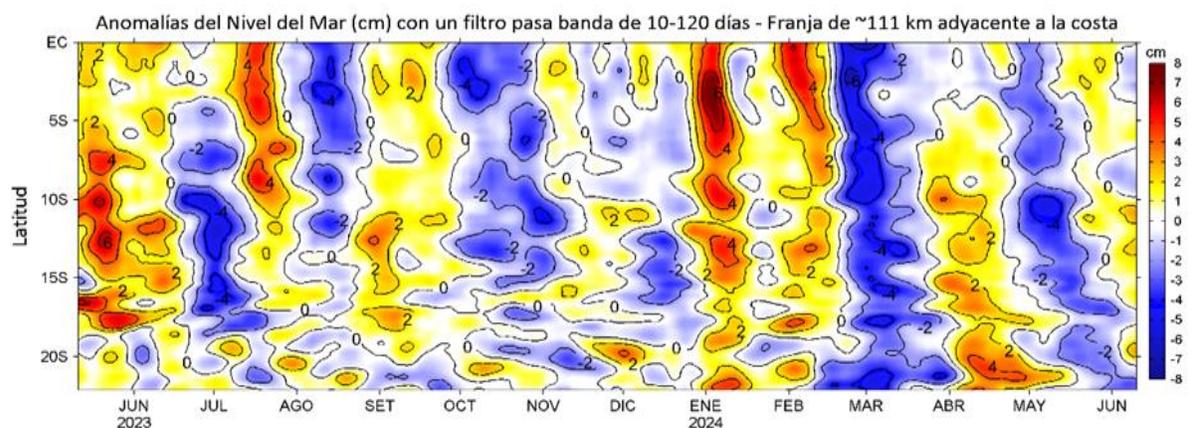


Figura 18. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 10 de junio del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

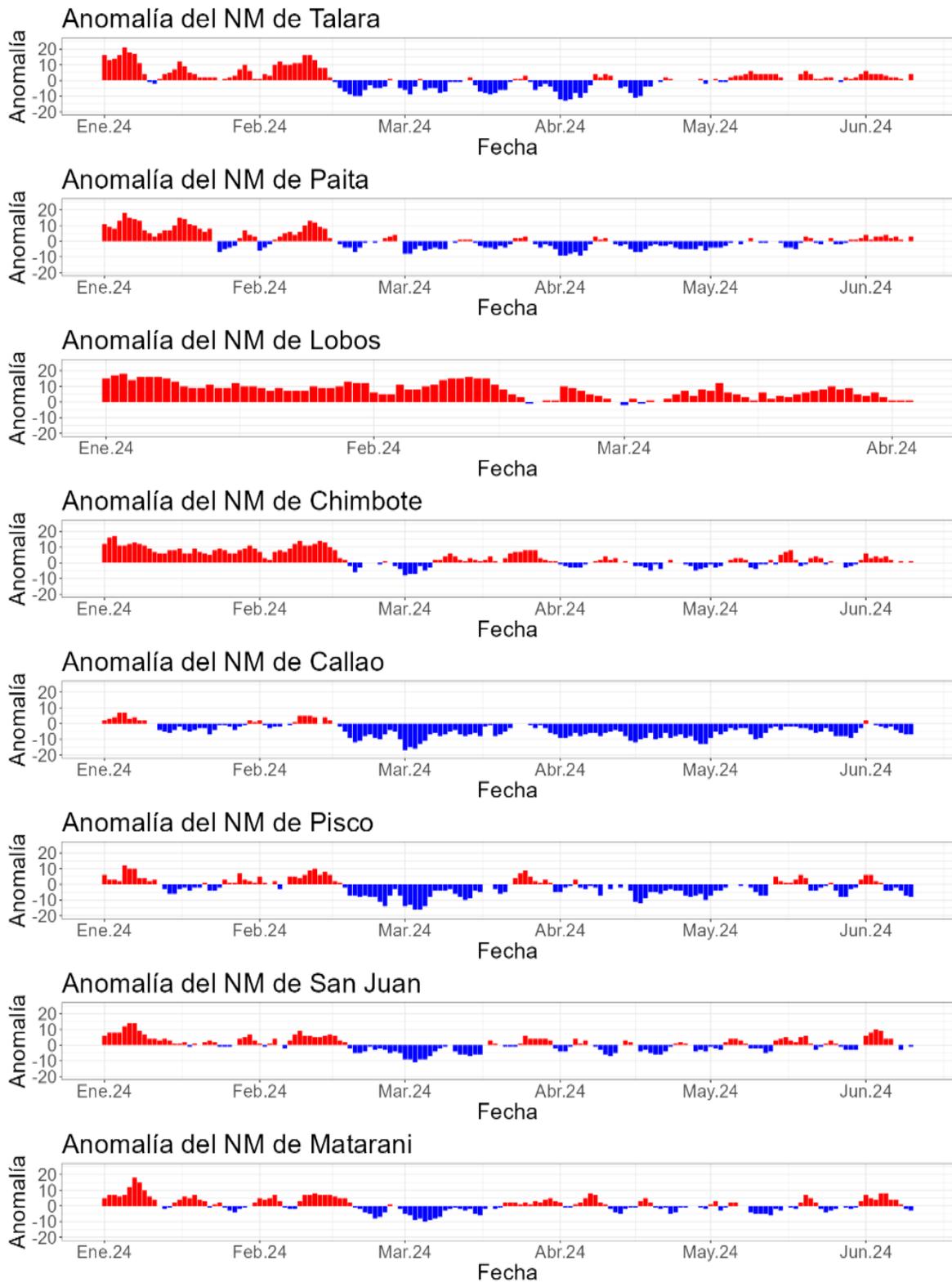
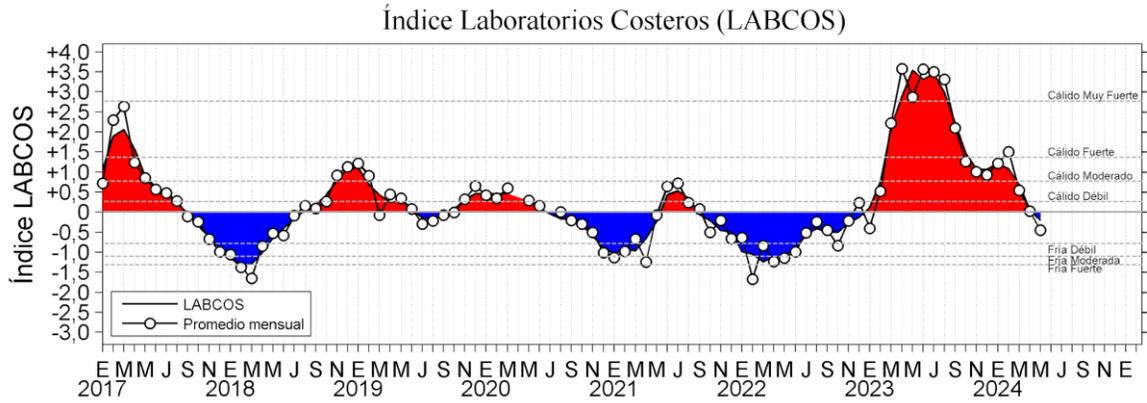


Figura 19. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de enero a junio 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

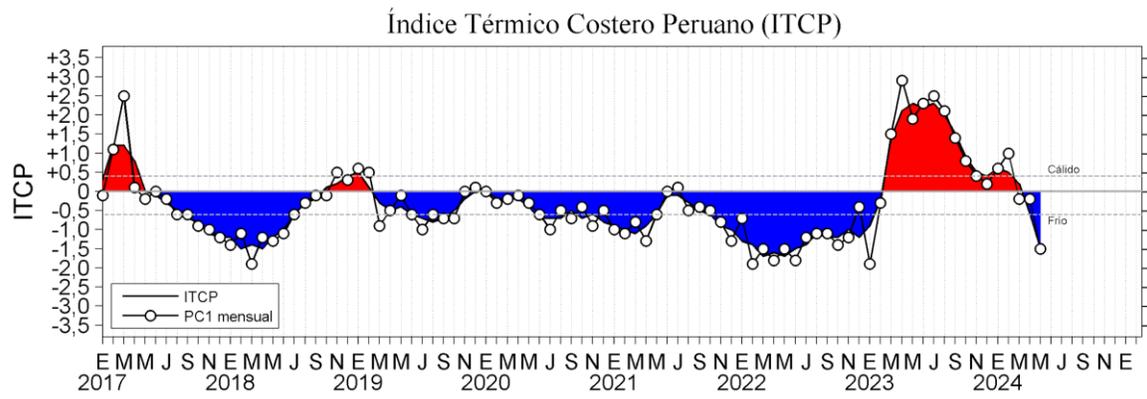


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a junio 2024.

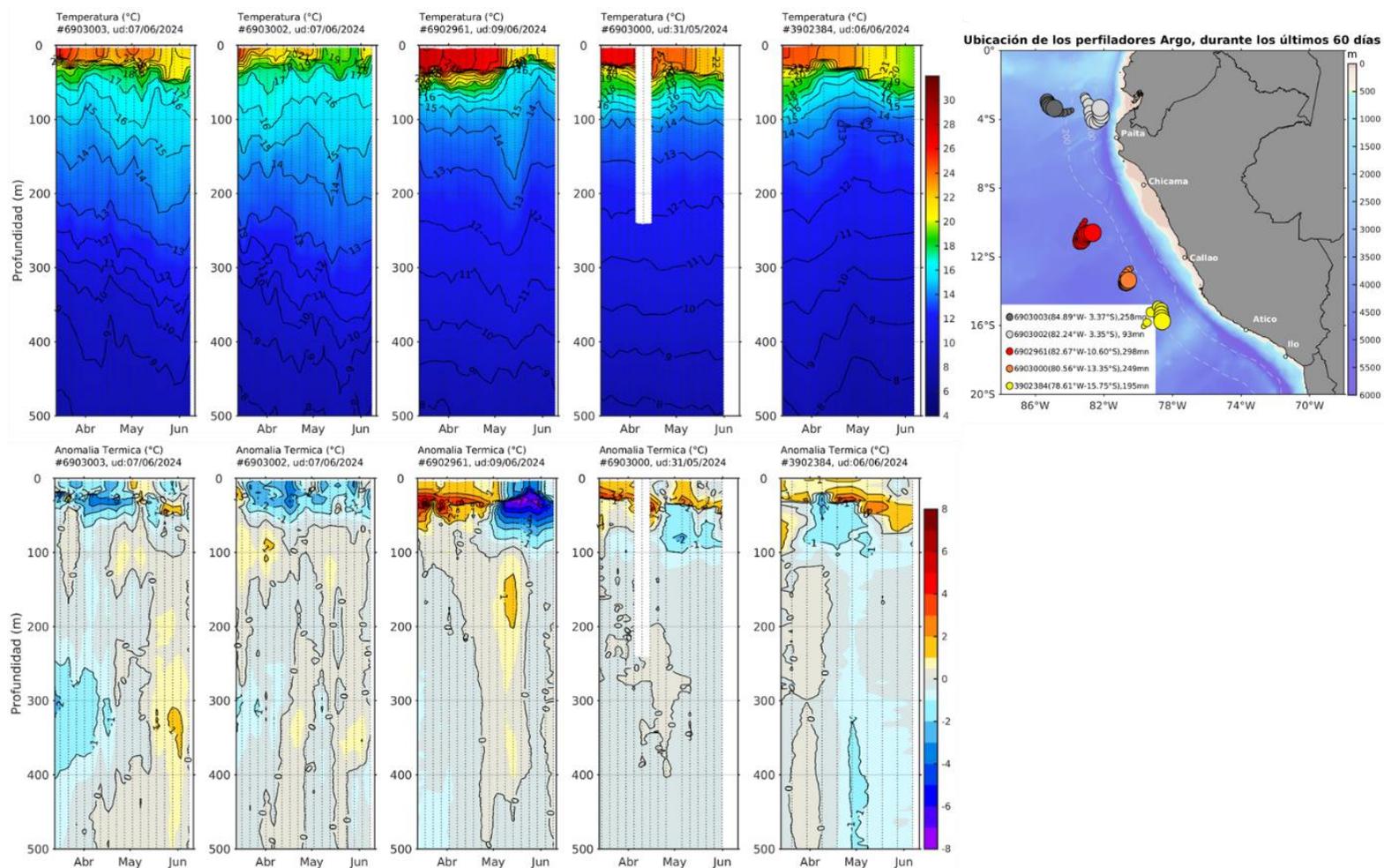
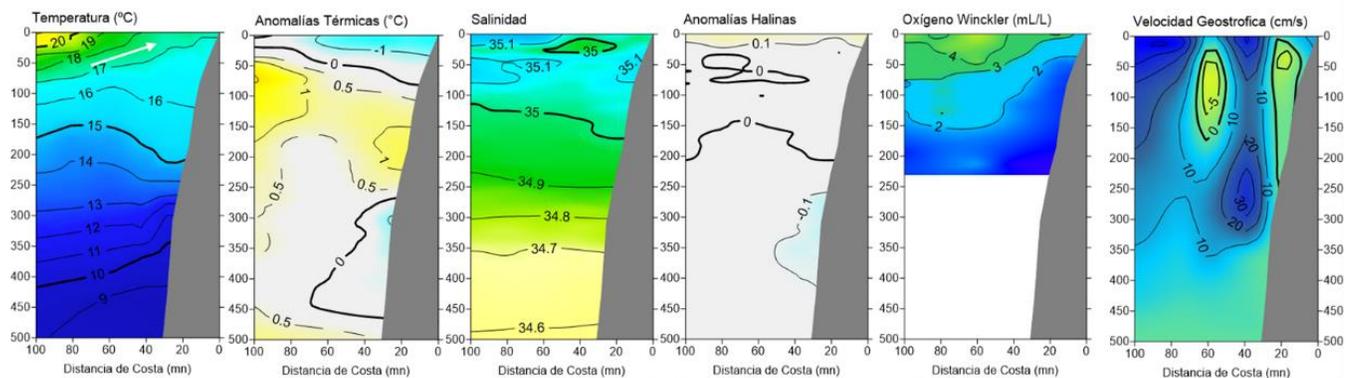


Figura 21. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (mayo 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

SECCIÓN PAITA (30-31 mayo del 2024)



SECCIÓN CHICAMA (29 de mayo del 2024)

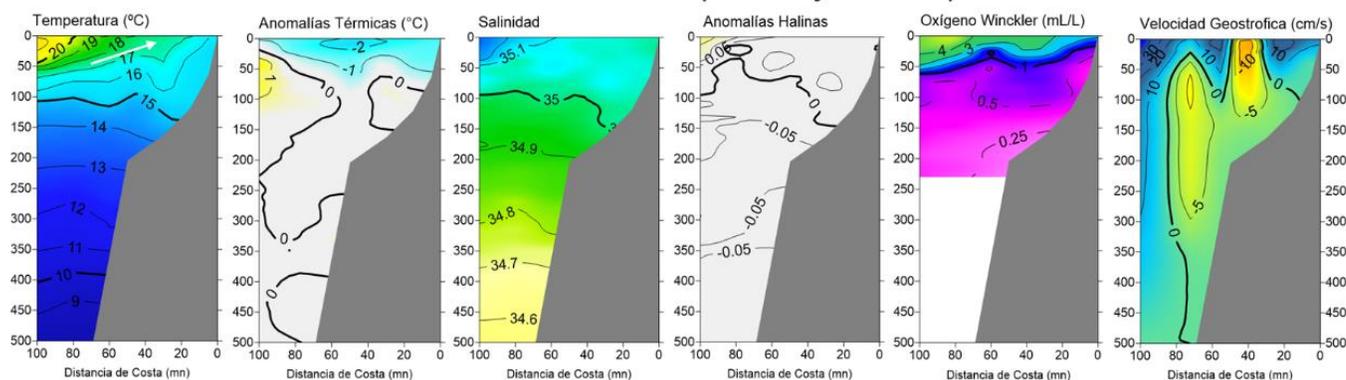


Figura 22. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 29 y 31 de mayo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

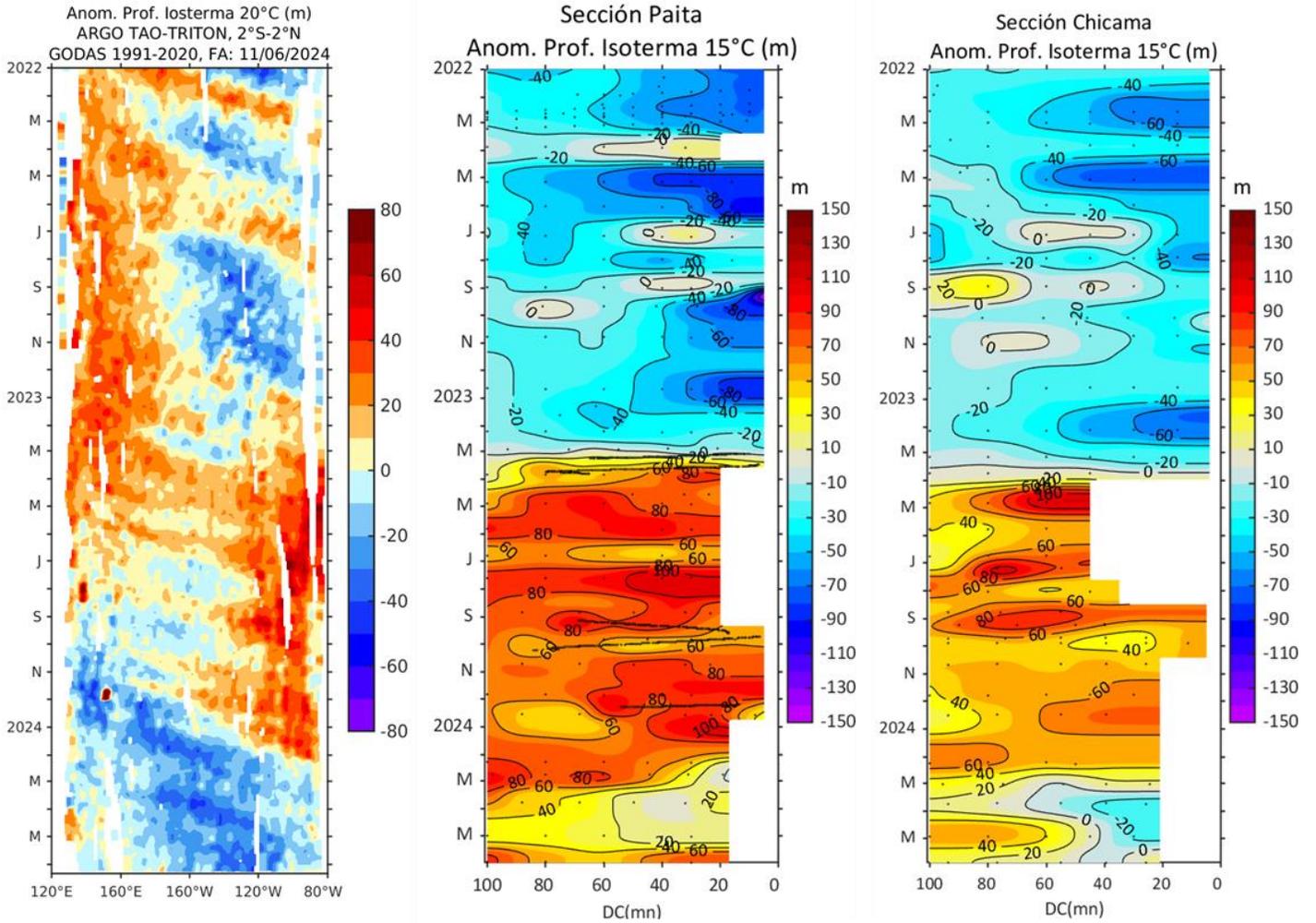


Figura 23. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

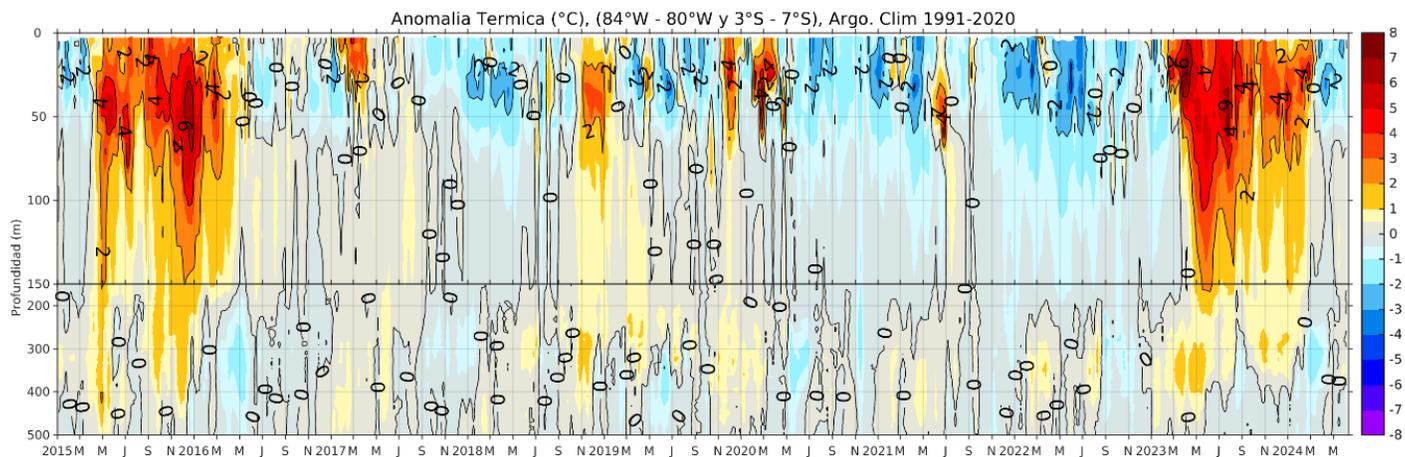


Figura 24. Variabilidad temporal de la anomalía térmica promedio en la misma caja; climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

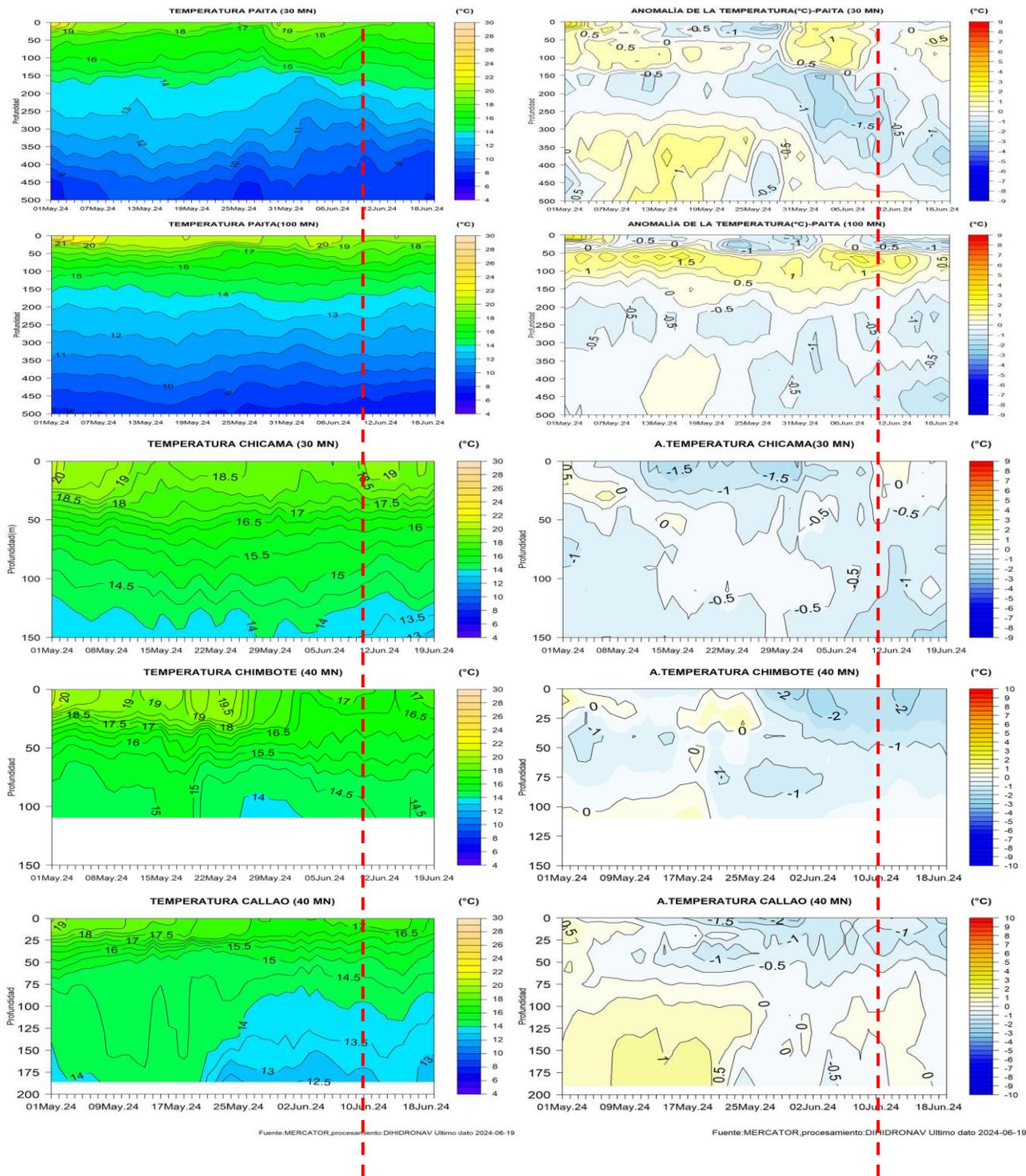


Figura 25. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30 mn), d) Chimbote (40 mn) y e) Callao (40 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

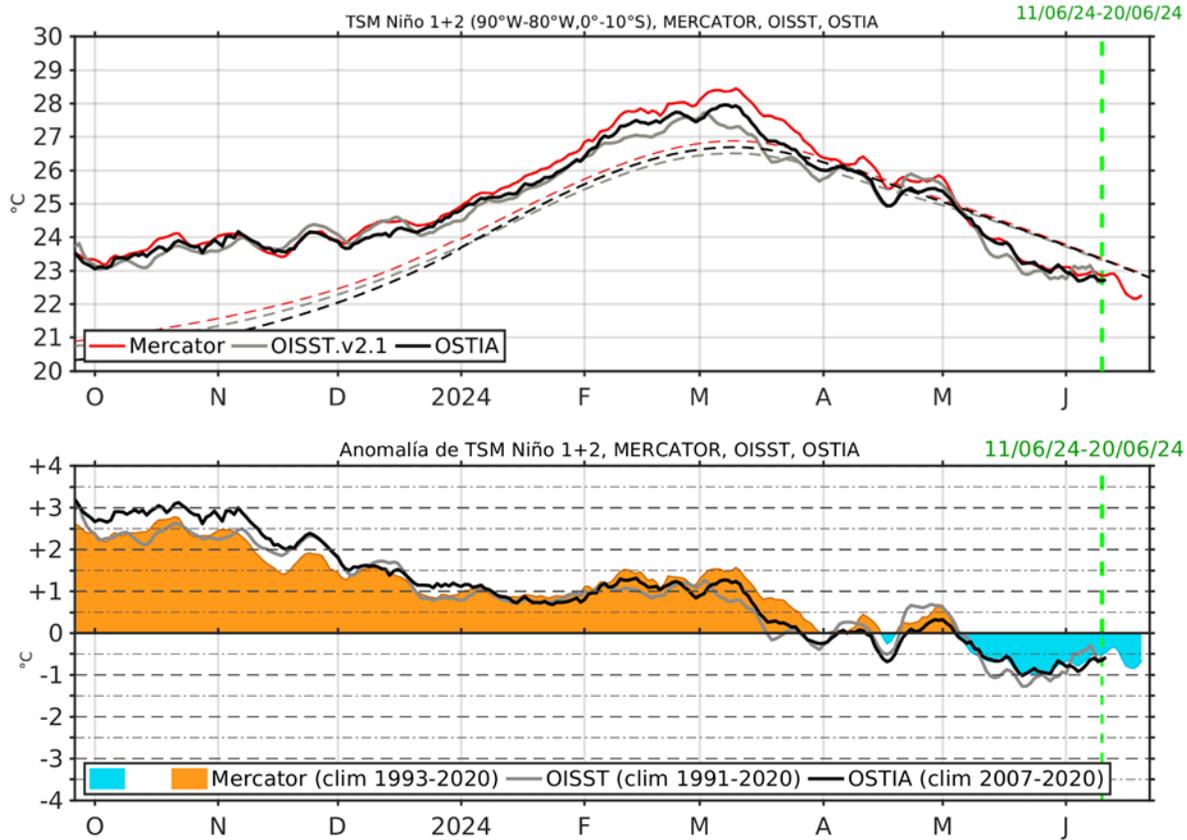


Figura 26. Temperatura superficial del mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercator (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

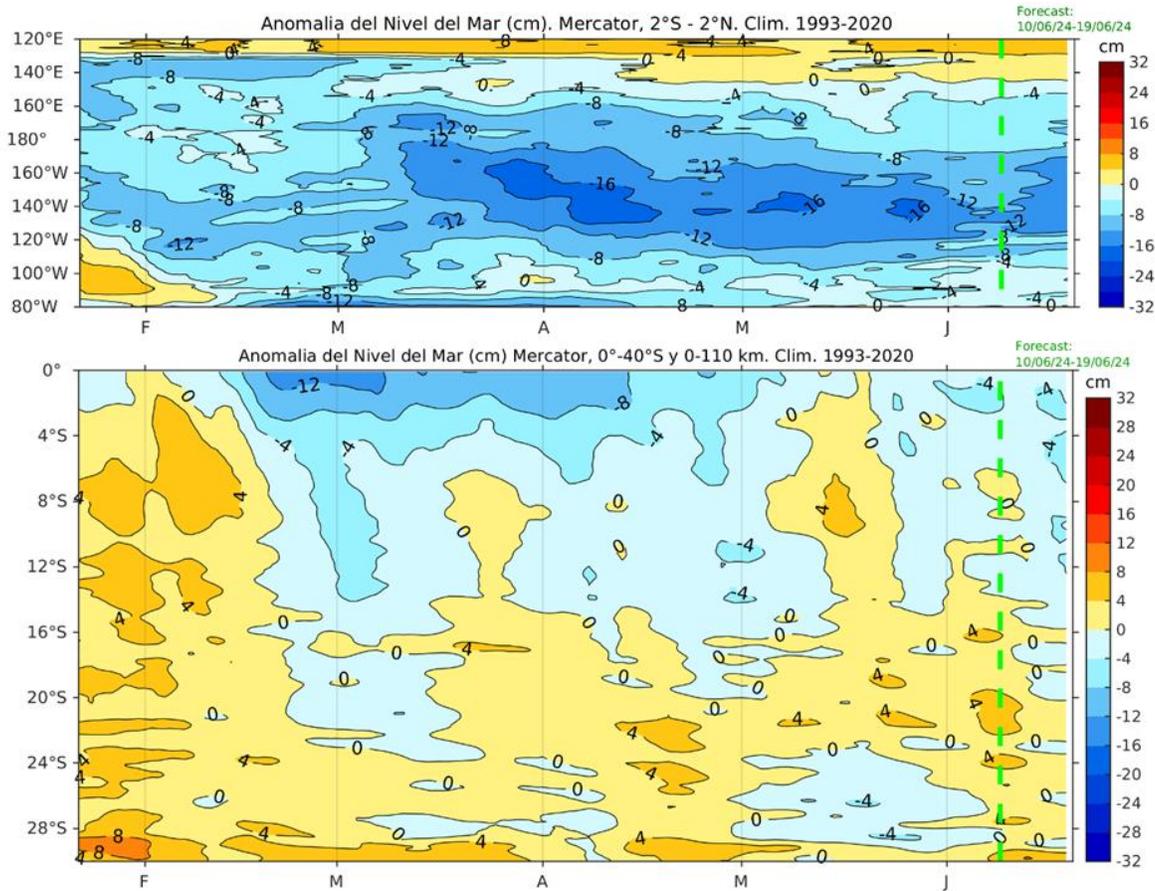


Figura 27. Anomalia de Nivel del Mar en el Pacifico ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

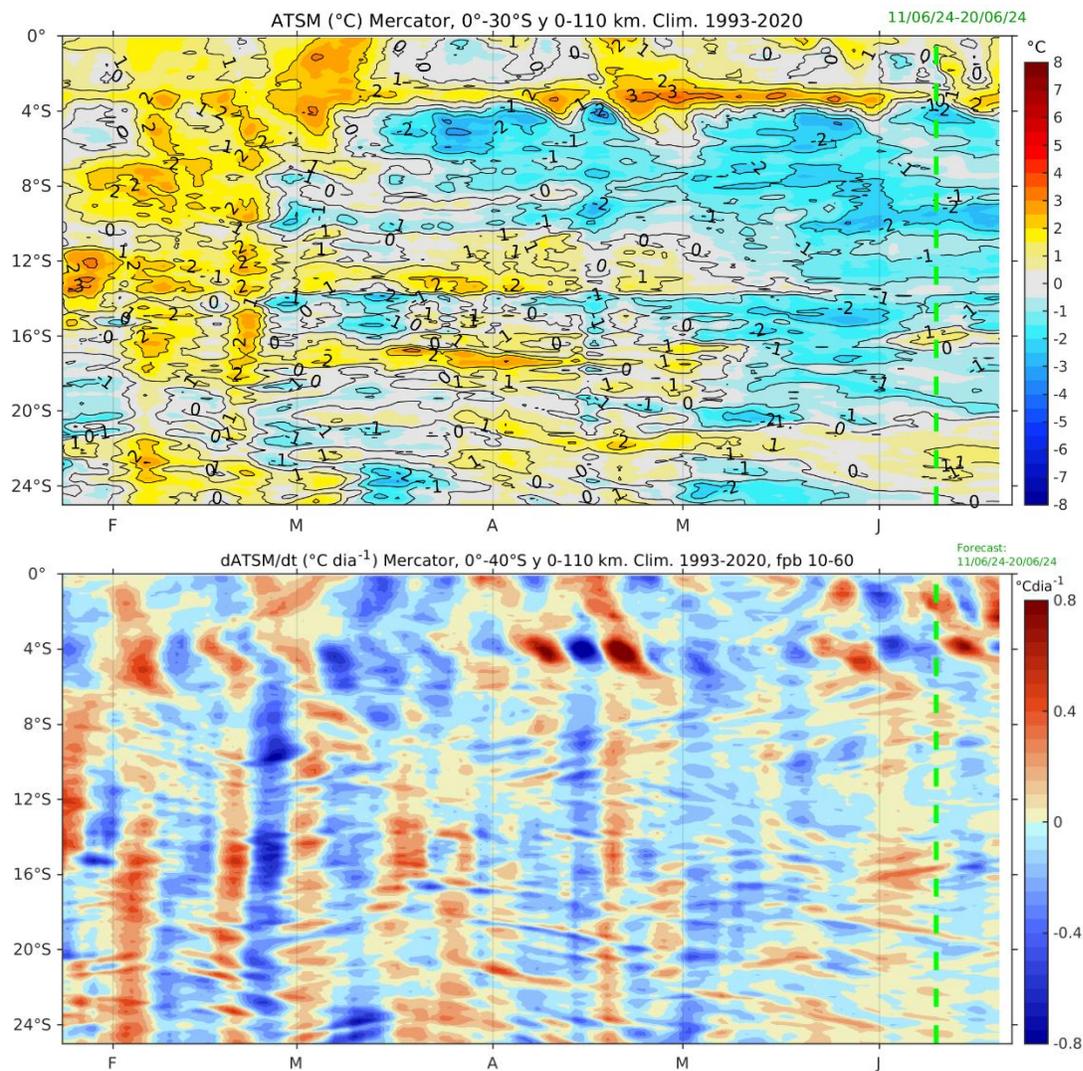


Figura 28. Anomalia de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

a)

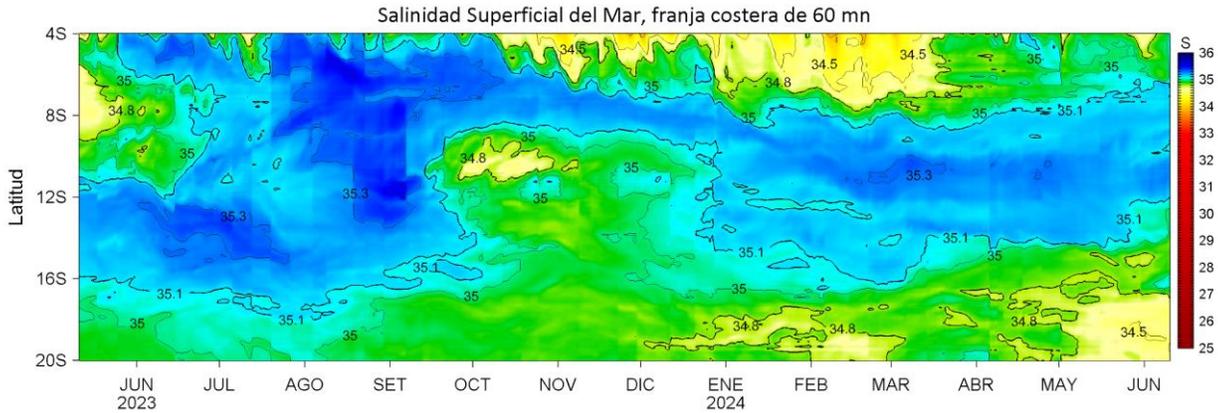


Figura 29. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 05 de abril y 13 de mayo 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 13 de mayo 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et 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: LHFH/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

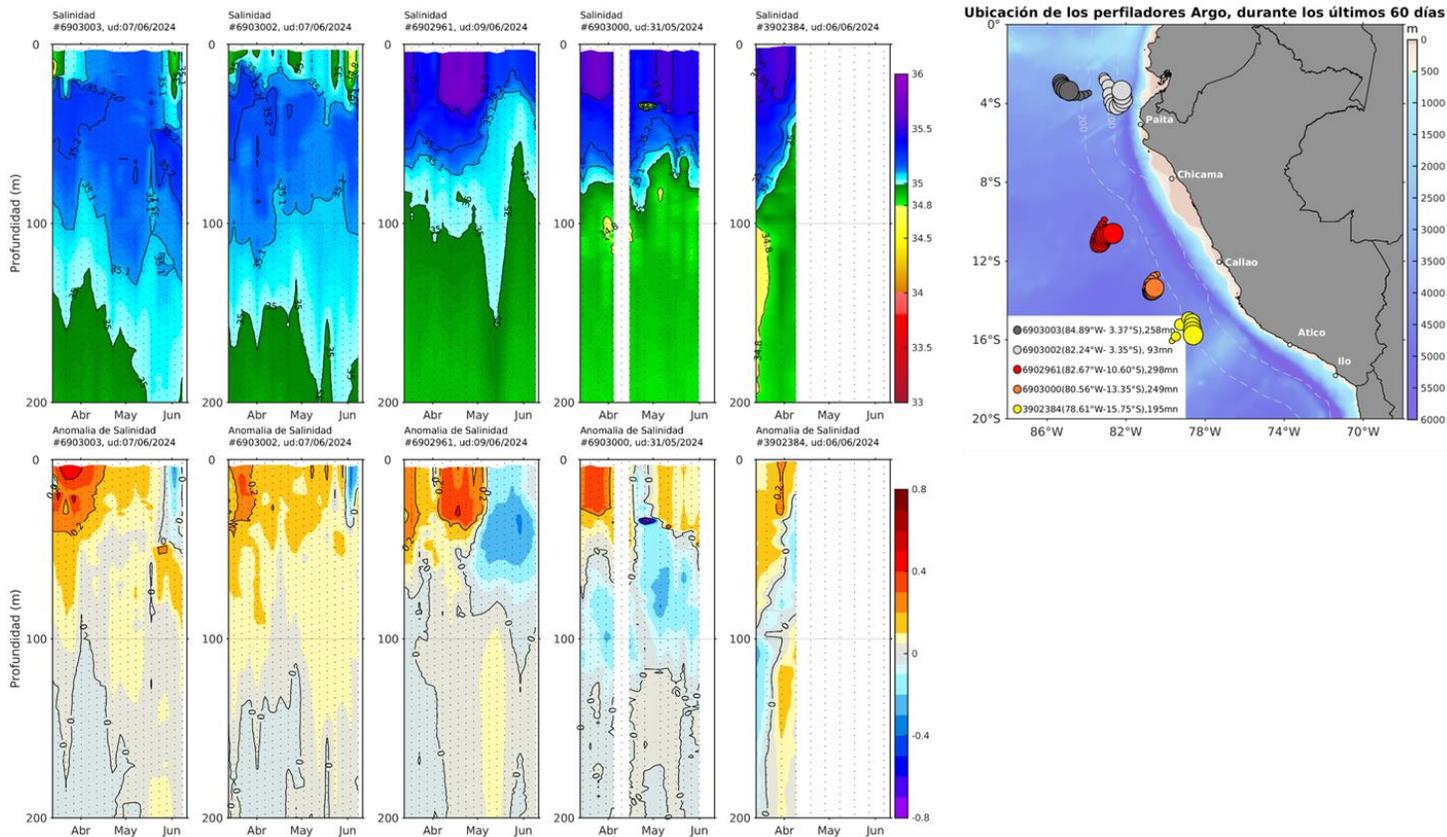
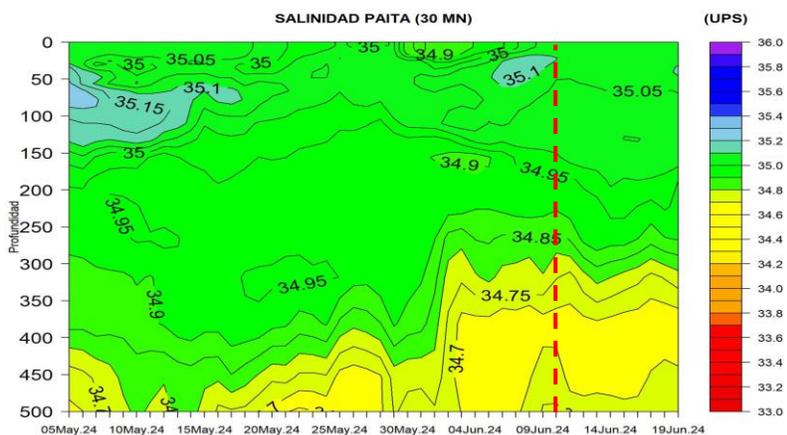


Figura 30. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: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



Fuente: MERCATOR ,procesamiento:DIHIDRONAV UII.Dato: 2024-06-19

Figura 31. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500m 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, marzo, abril y del 1 al 9 junio de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

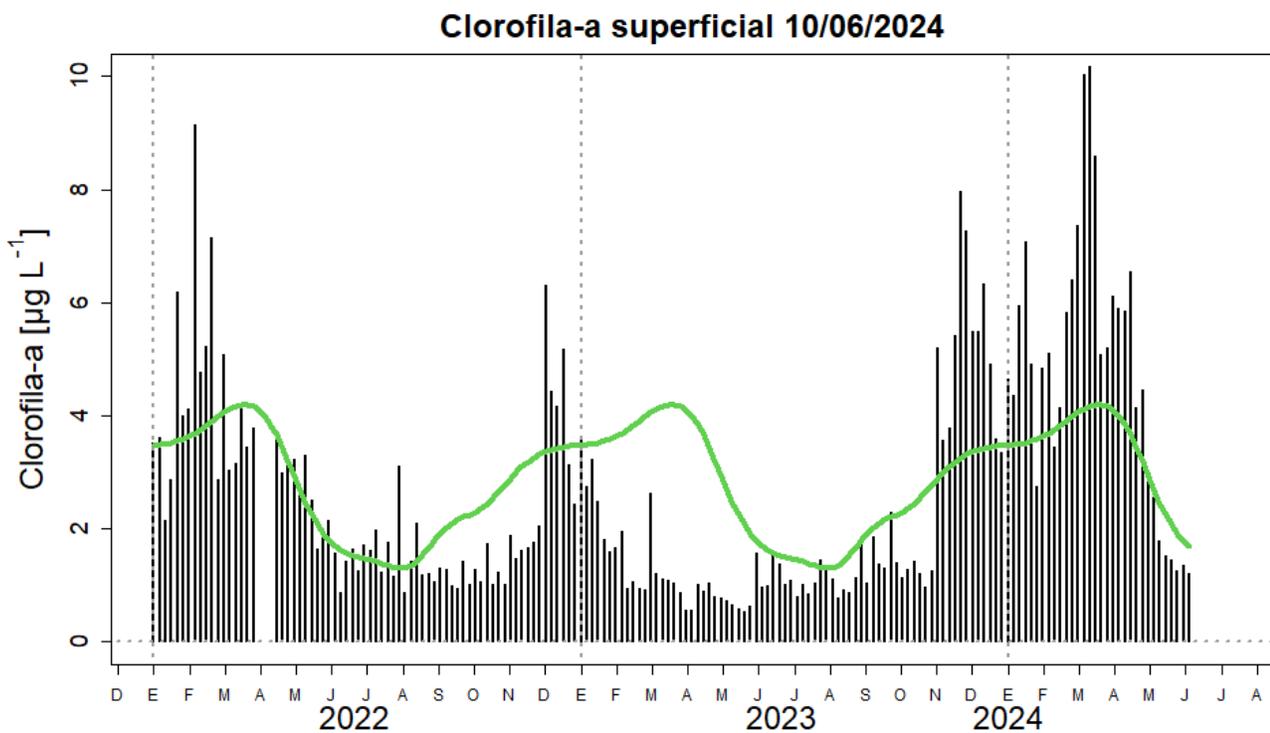


Figura 33. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

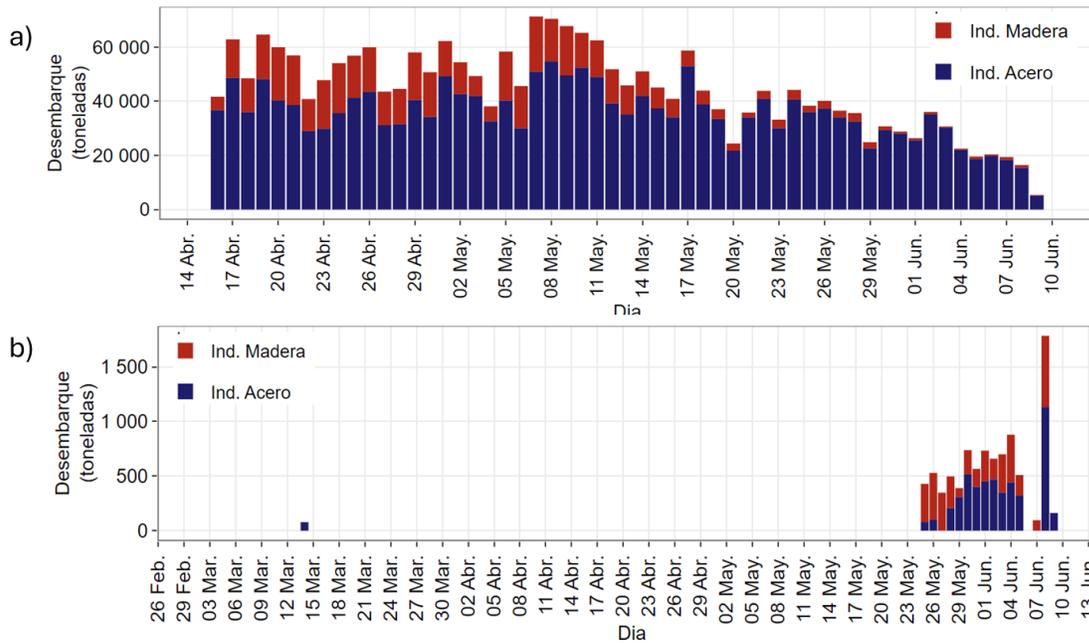


Figura 34. Desembarque diario de anchoveta durante primera temporada de pesca en la región a) norte – centro y b) sur.

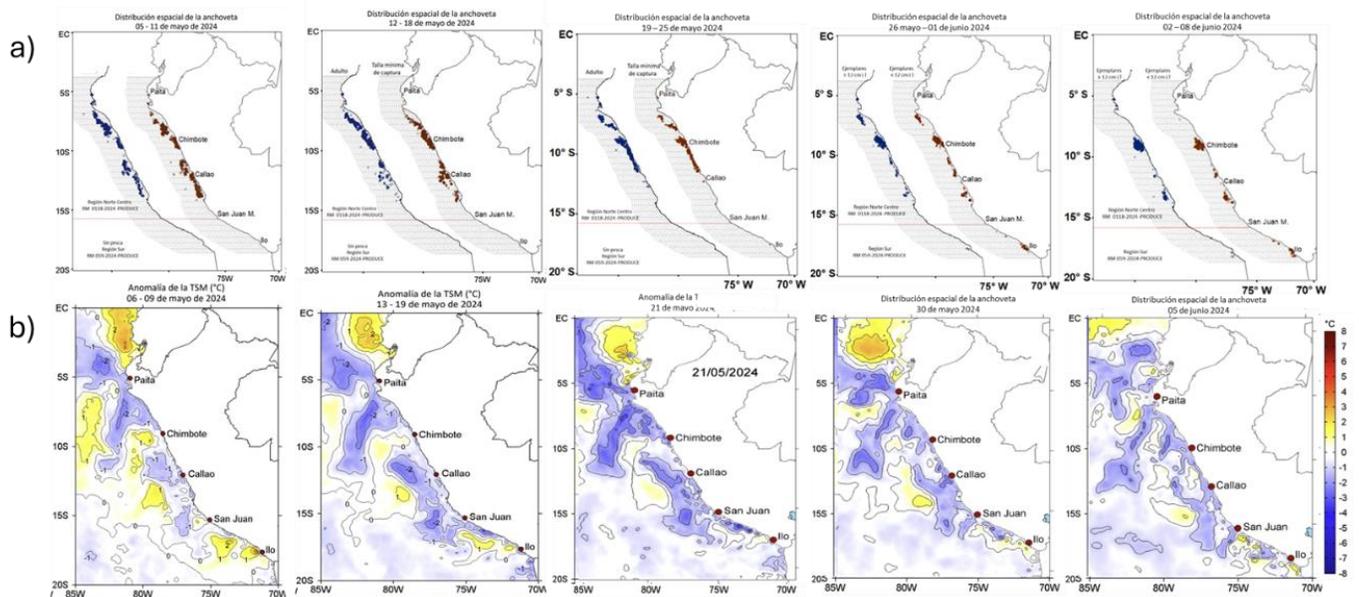
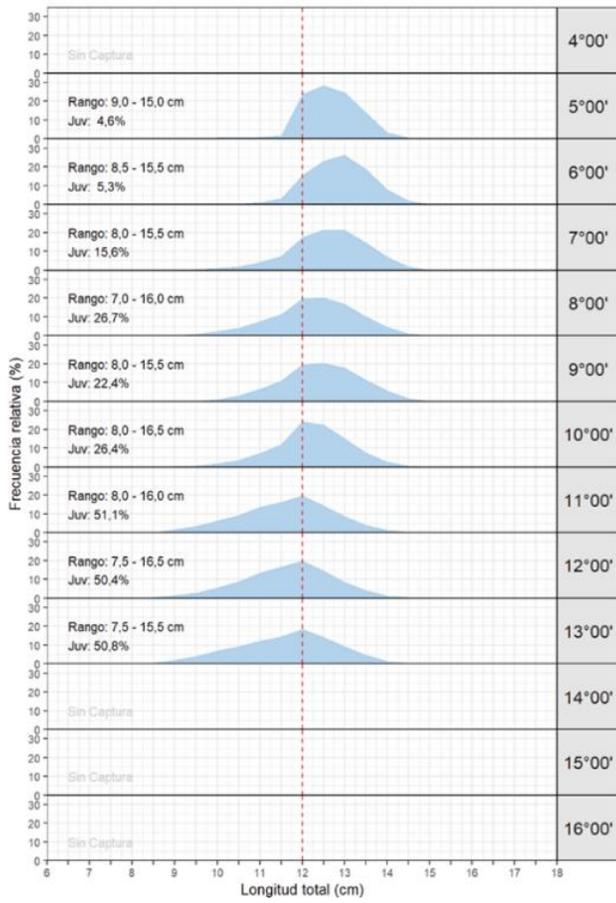


Figura 35. Distribución semanal de a) anchoveta con respecto a la b) anomalía de la temperatura superficial del mar. Periodo: mayo a junio.

a) Norte - centro



b) Sur

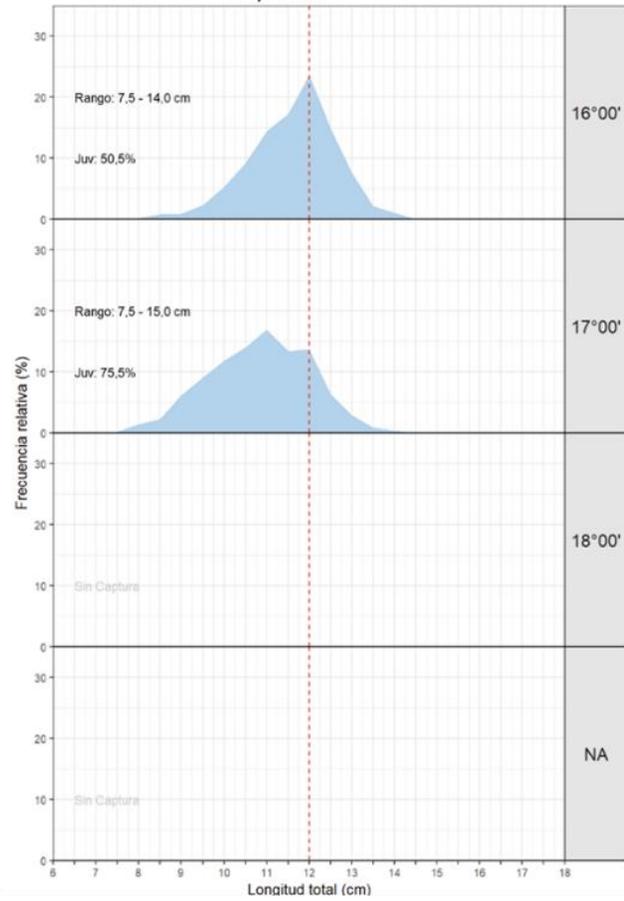
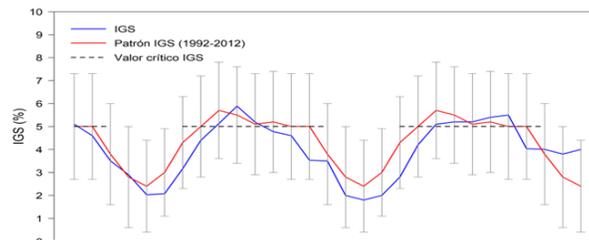


Figura 36. Estructura de tallas de anchoveta según grado latitudinal en a) región norte – centro y b) sur.

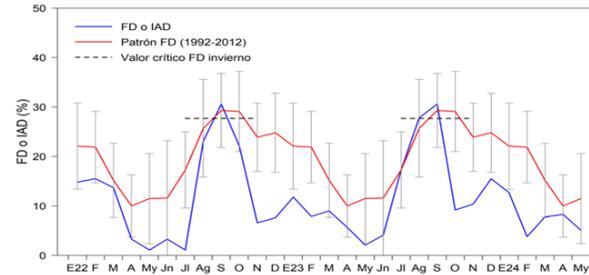
a) ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Indicador de Actividad Reproductiva



b) FRACCIÓN DESOVANTE (FD)

Indicador del proceso de desove



c) CONTENIDO GRASO (CG)

Indicador de acumulación de energía

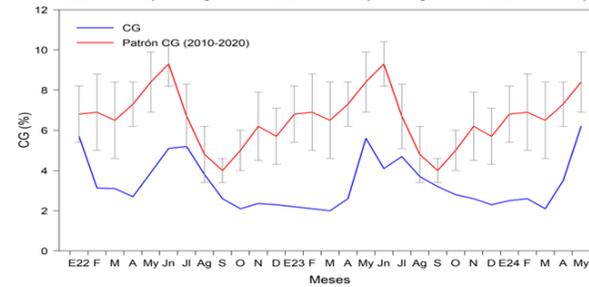


Figura 37. Serie mensual de los indicadores reproductivos de anchoveta a) Índice gonadosomático y b) Fracción desovante, e indicador somático c) Contenido graso.

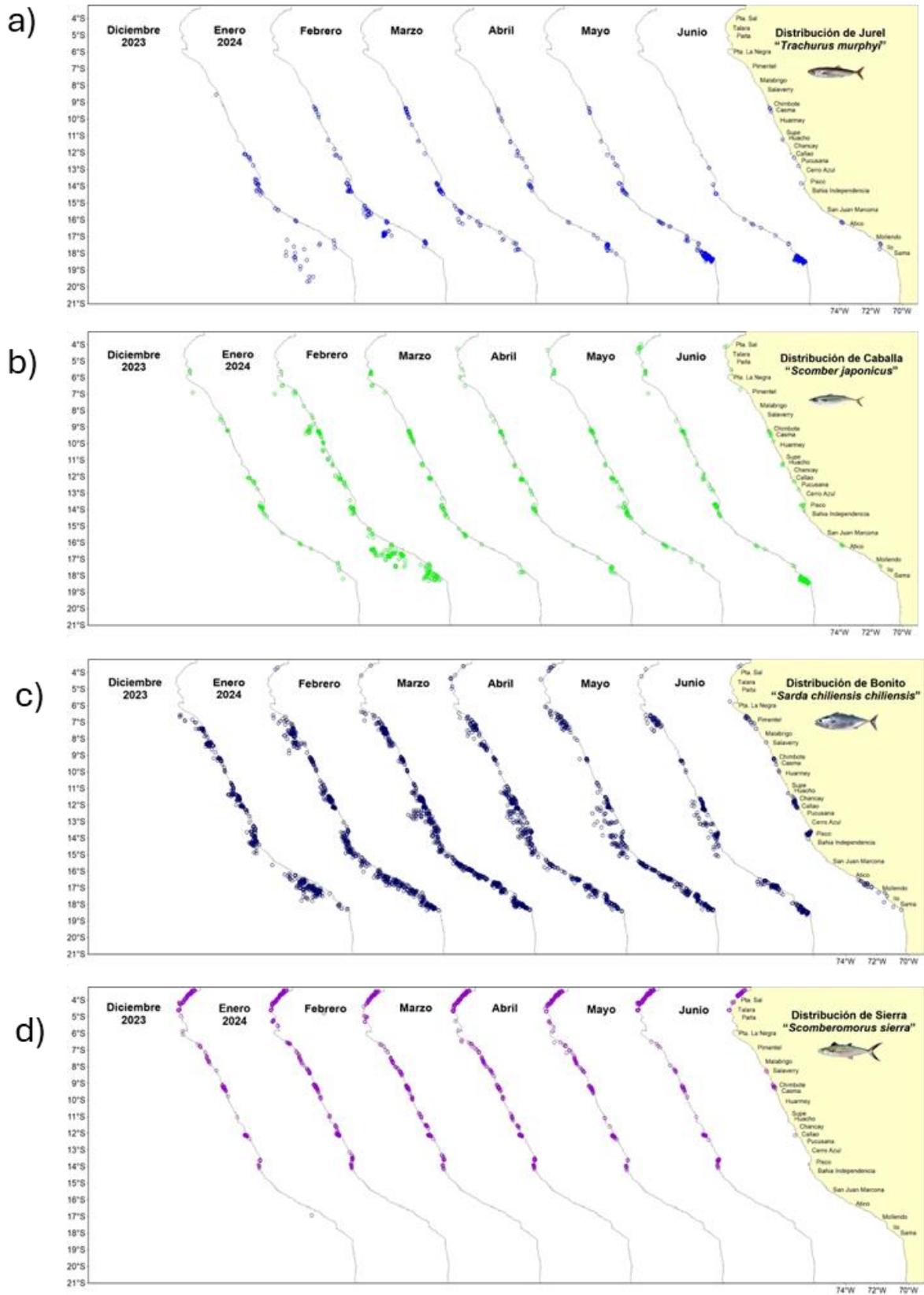


Figura 38. Distribución de a) jurel, b) caballa, c) bonito y d) sierra. Periodo: diciembre 2023 a junio 2024.

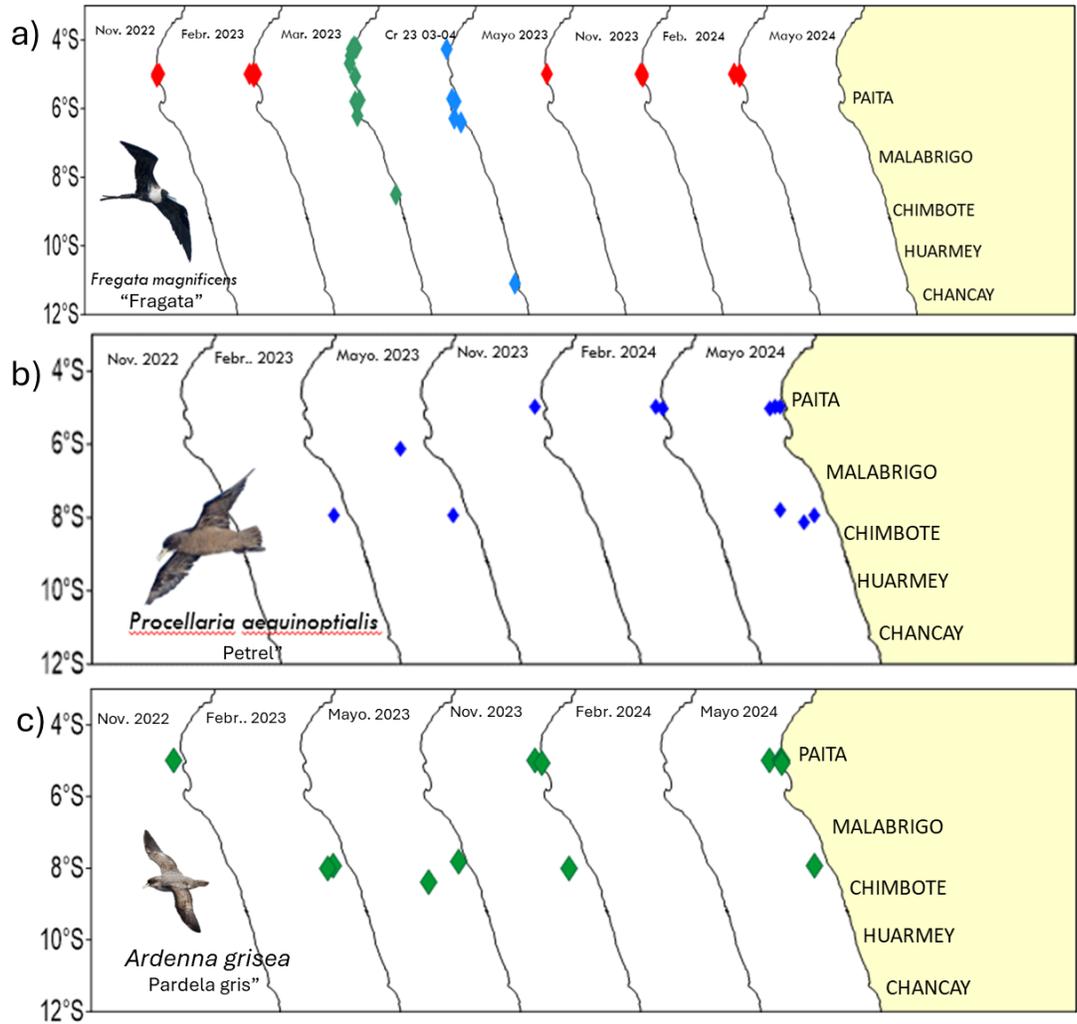


Figura 39. Distribución de a) fragata, b) petrel y c) pardela gris en salidas del Monitoreo Oceanográfico de Paita a Chicama. Periodo: noviembre 2022 a mayo 2024.

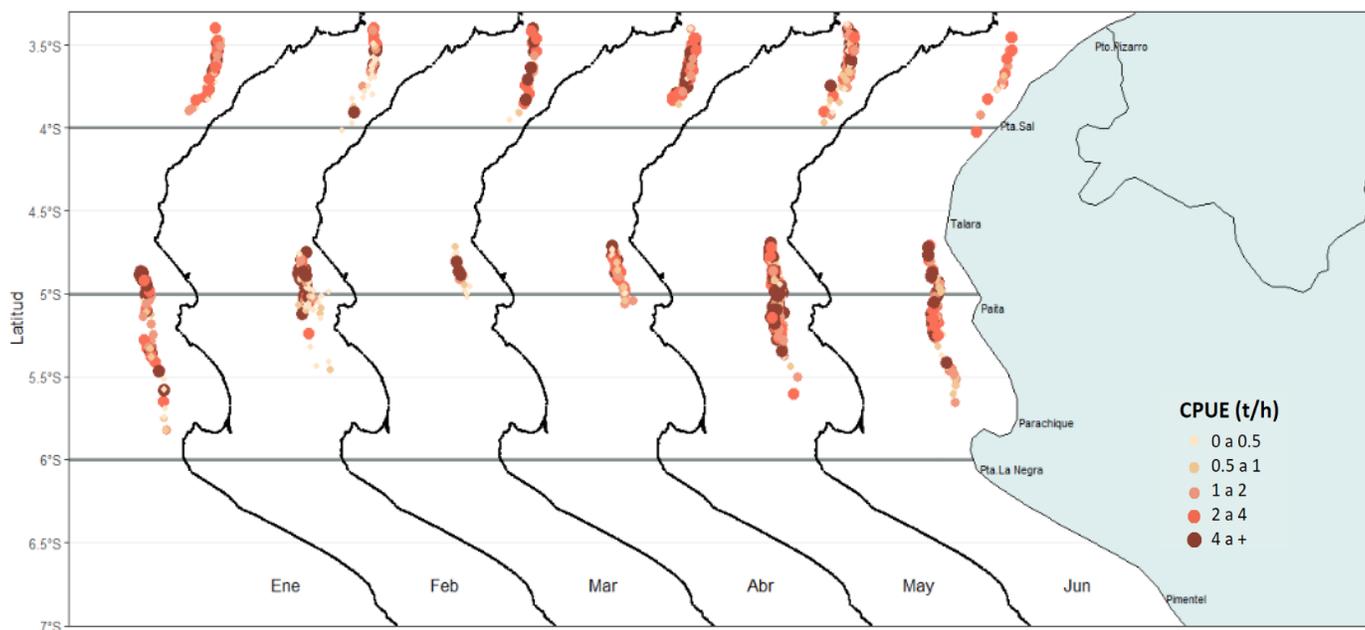


Figura 40. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero al 09 de junio de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

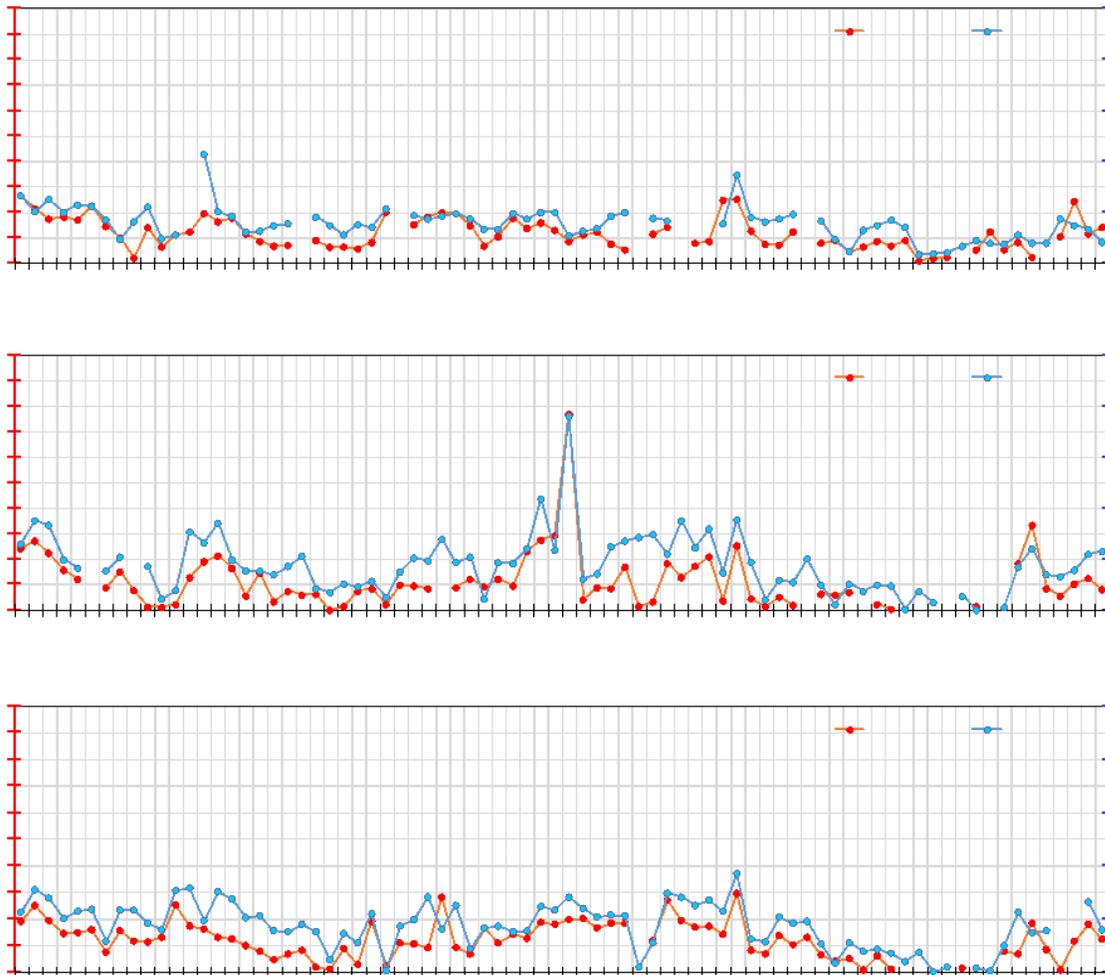


Figura 41. CPUE mensual ($t h^{-1}$) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

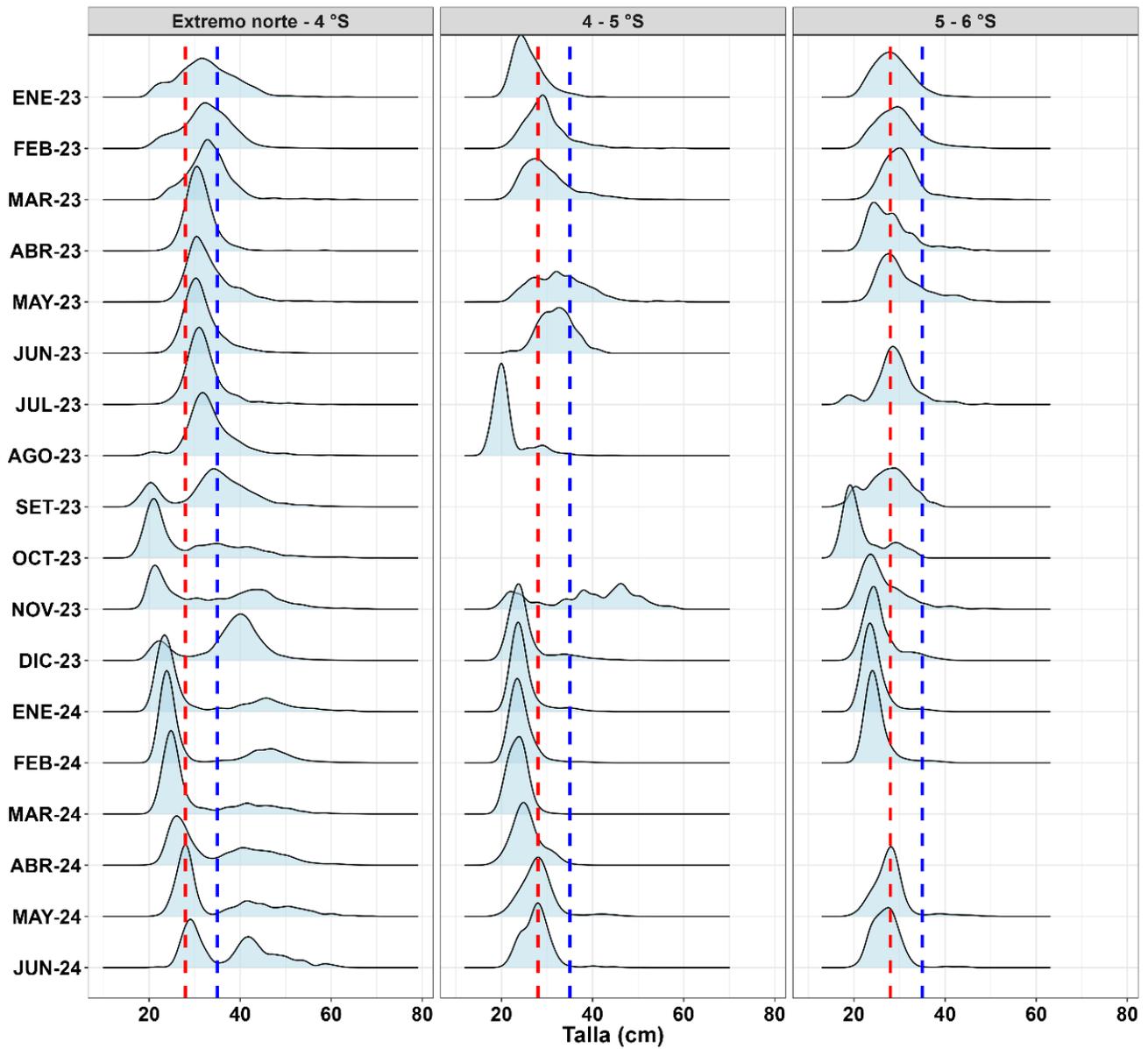


Figura 42. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 09 de junio 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

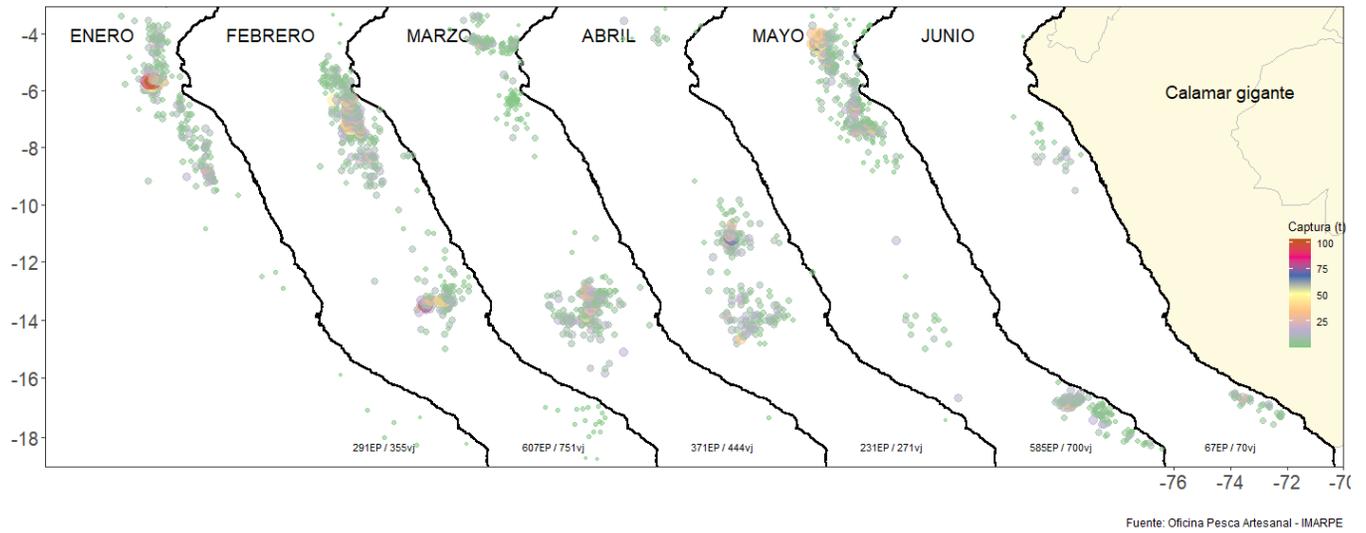


Figura 43. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero – junio (preliminar) 2024. Fuente: IMARPE – ROSPAS – Oficina de Pesca Artesanal. información preliminar para uso científico.

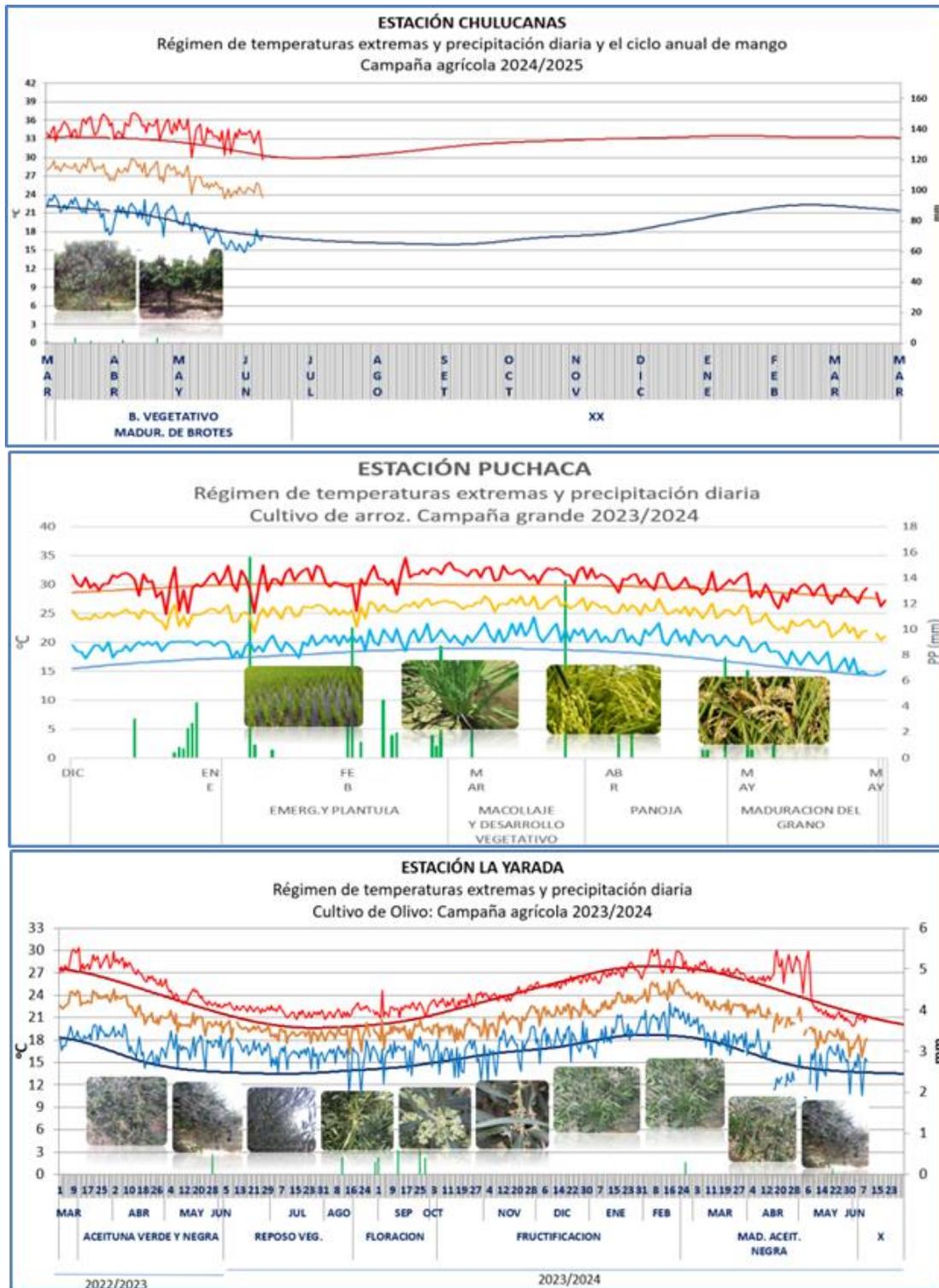


Figura 44. Monitoreo agro meteorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI.

IGP-UHM IA model v1.1: Probability of a strong EP EN event ($E > 1.5$) in the following Jan: 0.01% (classif.), 0.00% (regress.) IC: April (Temporal) FT 1871-2022. Processing date: 16-05-2024

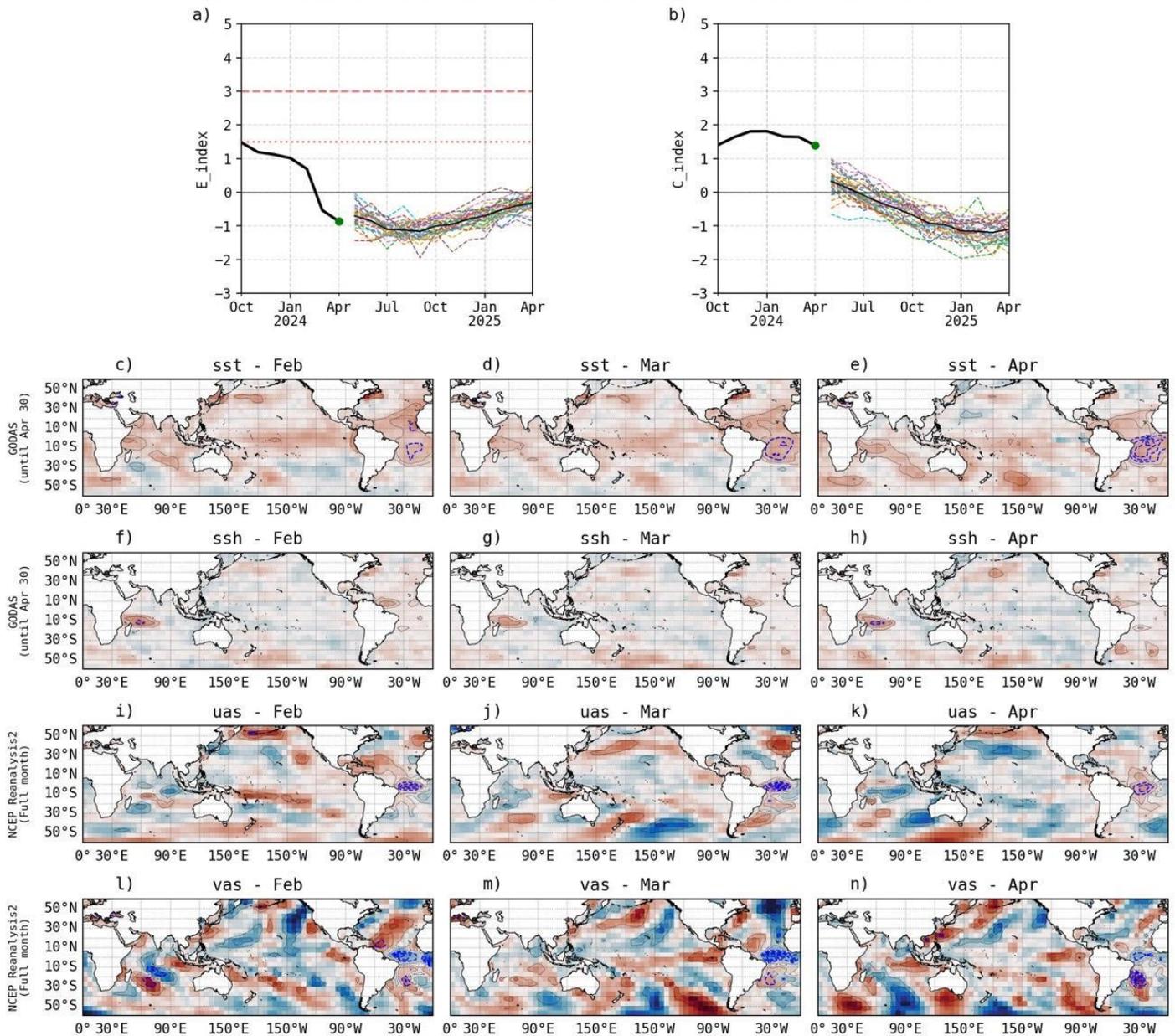


Figura 45. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2023 a abril de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde mayo de 2024 a abril 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: diciembre (primera columna), enero (segunda columna) y febrero (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

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

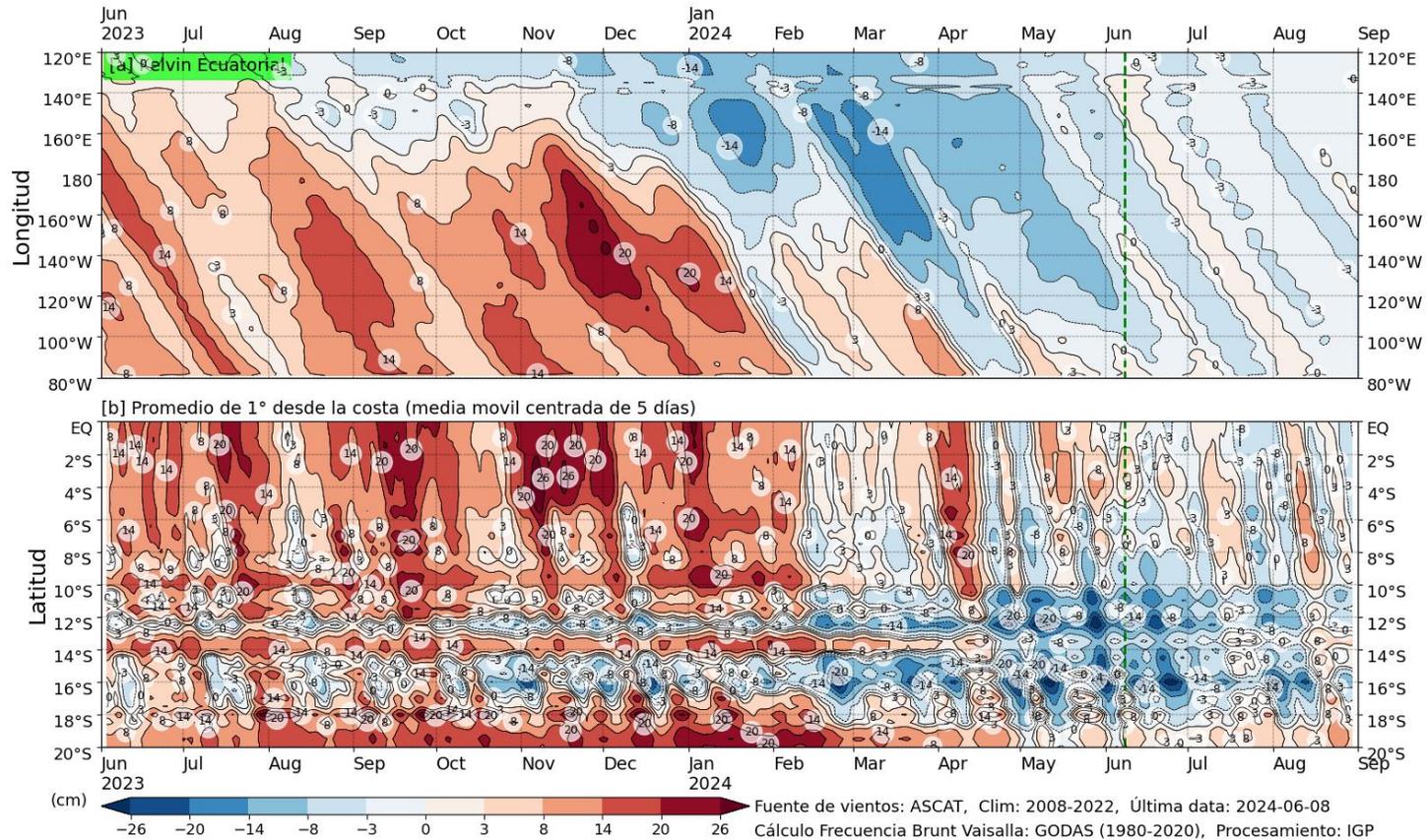


Figura 46. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

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

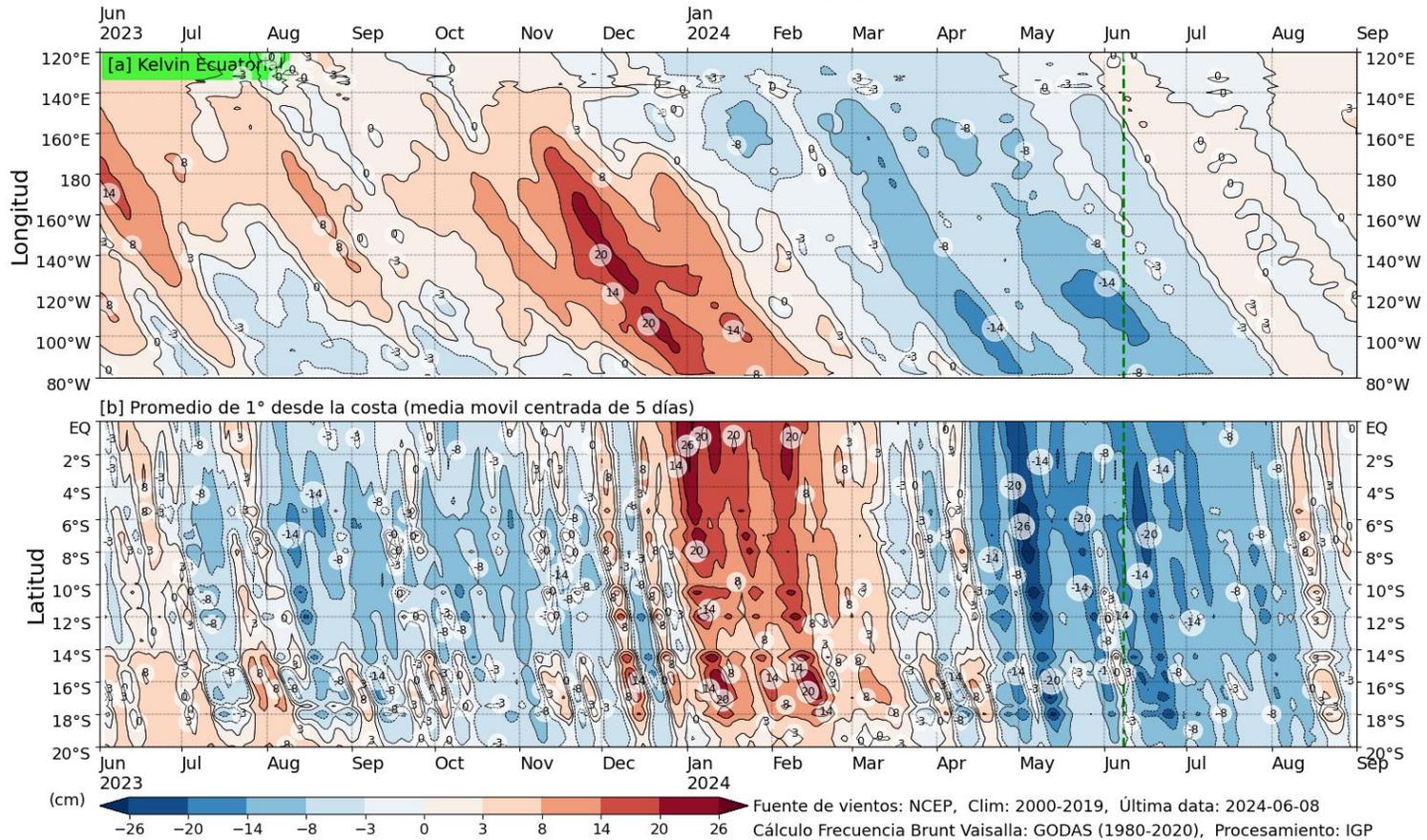


Figura 47. Igual que la Figura 48 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

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

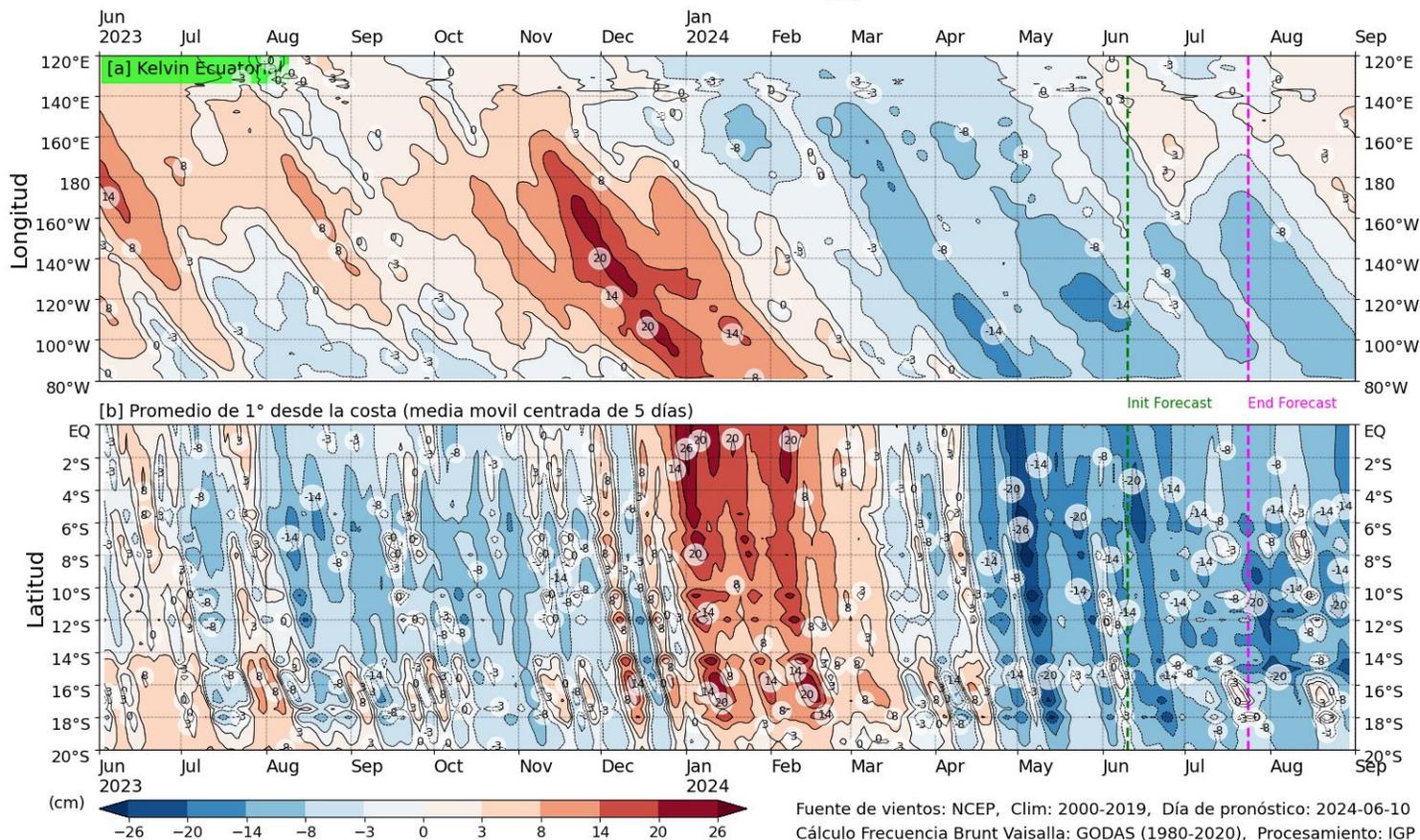


Figura 48. Igual que la Figura 49, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP.

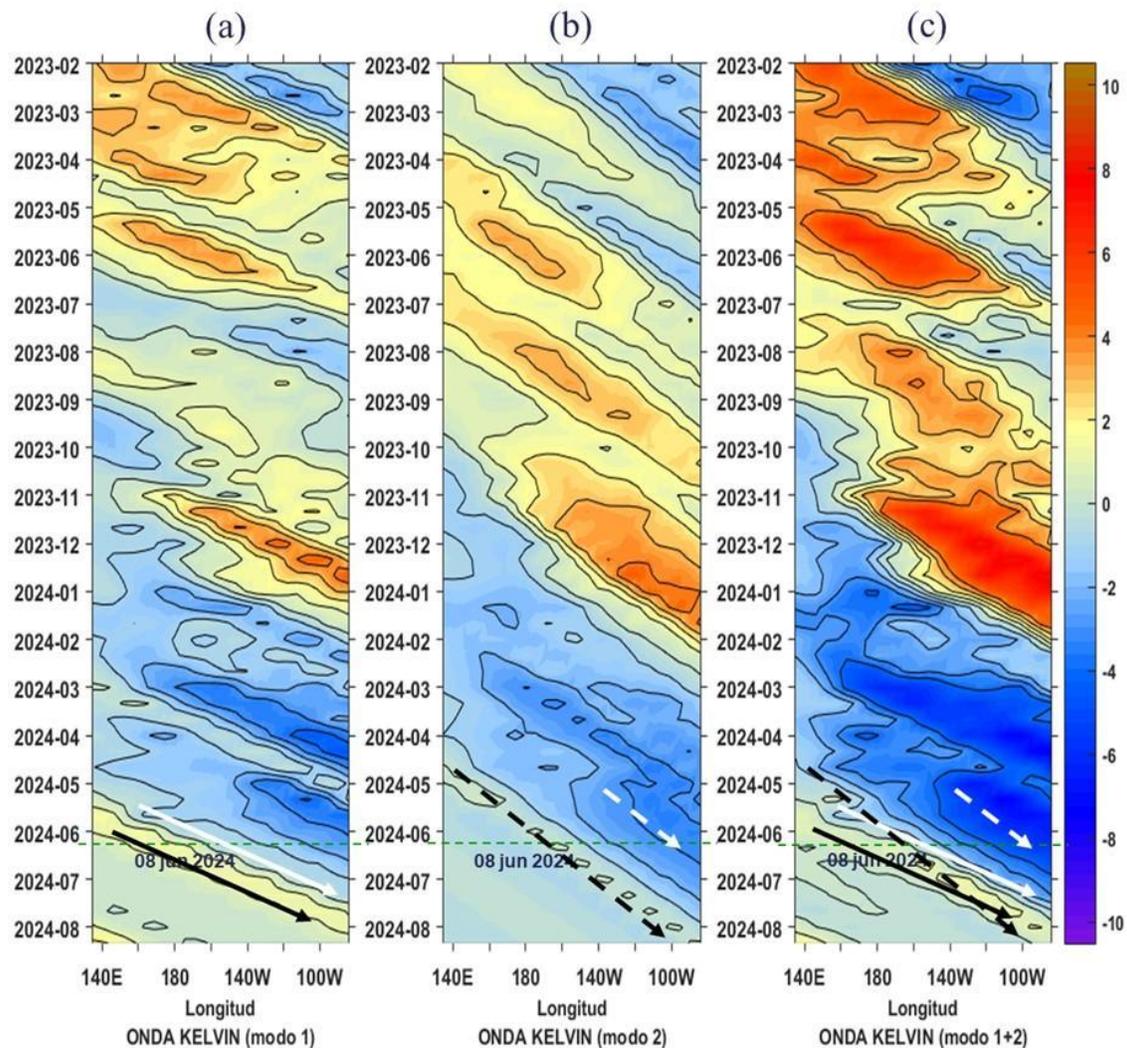


Figura 49. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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

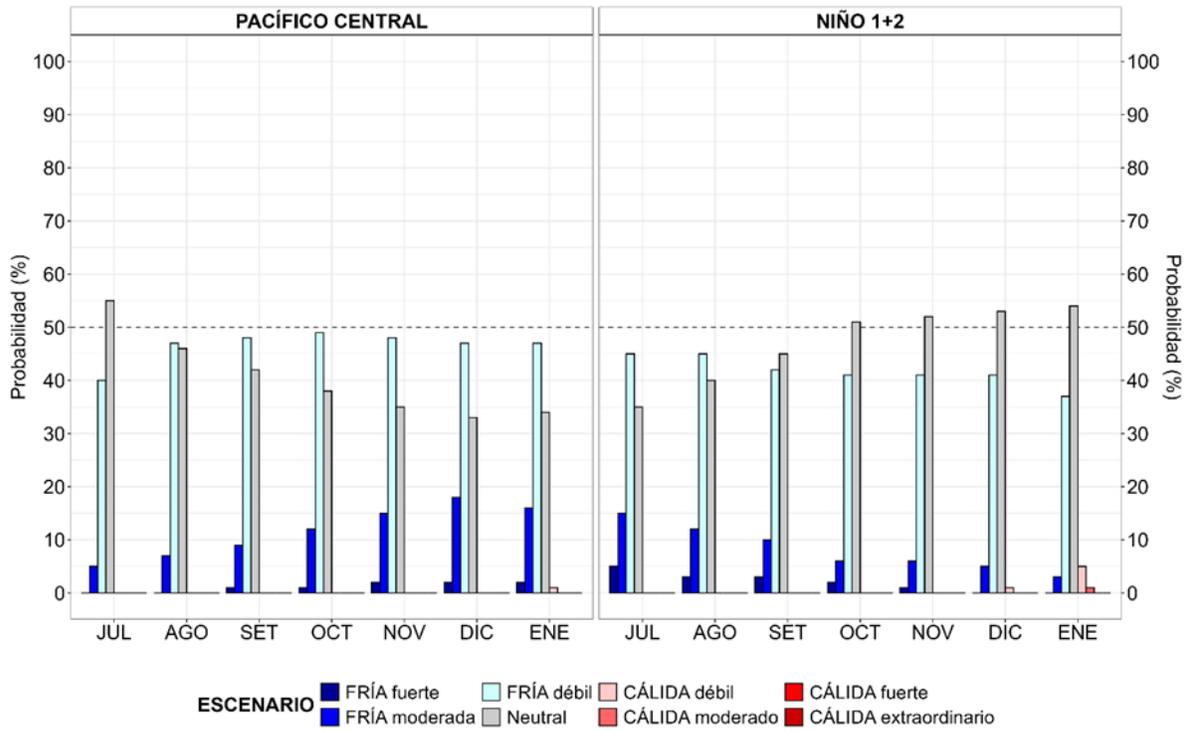


Figura 50. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, frías y neutras en el Pacífico central (región Niño 3.4, barras de la izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, barras de la derecha) de julio 2024 a enero 2025, determinadas por el ENFEN.

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>
- Carton, J. A., & Giese, B. S. (2008). A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). *Monthly Weather Review*, 136(8), 2999–3017. <https://doi.org/10.1175/2007MWR1978.1>
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., & Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997–1998 El Niño. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 11-1-11–15. <https://doi.org/10.1029/2001GL014452>
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical Structure of an OGCM Simulation of the Equatorial Pacific Ocean in 1985–94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 19-35

- ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú* (p. 3) [Nota Técnica]. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H. & Luo, J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1559-7> (2019).
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H., Kim, E.-S. & On, K.-W. 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> (2021).
- Helrich, K. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4),

585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>

- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda 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>
- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. Marine heatwaves in the Humboldt current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños. *Sci Rep* 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4> Takahashi et al., 2014
- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.
- Quispe, C., Tam, J., Arrellano, C., Chamorro, A., Espinoza, D., Romero, C., & Ramos, J. (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Instituto del Mar del Perú* - *IMARPE*. <https://repositorio.IMARPE.gob.pe/handle/20.500.12958/3149>
- 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., Mosquera Vásquez, K. A., & Reupo, J. (2014). *El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4639>
- Urbina, B., & Mosquera Vásquez, K. A. (2020). *Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4855>
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1982). *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento*.