

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 08

15 MAYO DE 2024

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

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

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

Conformación de la Comisión Multisectorial

Presidente:

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

Vice-Presidente:

Ing. 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

COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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

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

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

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

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N° 08, 15 mayo de 2024, 83 p.

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

Fecha de Publicación: 17 de mayo de 2024



Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur en
el Perú al 15 de mayo 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 15 DE MAYO 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 15 DE MAYO 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 centro-oriental, donde predominaron anomalías negativas de la TSM durante la primera quincena de mayo, disipándose los núcleos con anomalías positivas (Figura 1, Tabla 1). Según los datos semanales de OISST, en la región Niño 3.4 en la segunda semana de mayo la anomalía fue de +0,3 °C, mientras que en la región Niño 3 fue 0 °C y en la región Niño 1+2, -0,4 °C (Tabla 2).

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril de 2024 se ubican en condiciones cálidas débiles y neutras, respectivamente. Por otro lado, los valores del ONI de marzo y el temporal (ONI-tmp) de abril corresponden a las condiciones cálida moderada y cálida débil, 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 continúa observando ondas Rossby cálidas en la zona occidental que podrían reflejarse como ondas Kelvin cálidas. En la zona centro-oriental se observa que las ondas Rossby cálidas han disminuido su intensidad conforme se desplazan hacia la zona occidental. (Figura 3). Por otro lado, se sigue observando la señal intensa de las ondas Kelvin frías en la columna de agua de la región central y oriental (Figura 2).

Respecto a las condiciones atmosféricas, en lo que va mayo de 2024, se mantuvieron las anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central y oriental, con un promedio de -2 hPa, extendiéndose desde los 90° W hasta 180° W. Estas anomalías cubren un área más amplia en el Pacífico Central en comparación de lo observado en abril. Sobre el mar continental (Oceanía), se extienden hacia el oeste de Australia y este del continente asiático, anomalías positivas de presión atmosférica (+2 hPa) con patrones convectivos en 150° E y una celda con convección al este de 120° E, acompañada por subsidencia al oeste de 120° E, favoreciendo las precipitaciones en la región comprendida entre 120° E – 150° E. Esta configuración está asociada a un valor negativo del índice del dipolo del océano Índico, IOD, que registra un valor semanal de +0,22³ asociado a condiciones neutras (al 12 de mayo), y que difiere de los meses de marzo y abril (en los cuales se registraron valores positivos de IOD). Además, en Sudamérica, se presentaron patrones convectivos que podrían haber favorecido ascensos de masas de aire y nubosidad en ciertas regiones (Figuras 4c y 4d).

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

Respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa) se aprecia una predominancia de vientos dentro de sus valores climatológicos en la zona norte del Pacífico central ecuatorial (anomalías cercanas a cero) entre $180^{\circ} - 120^{\circ}\text{W}$ y $0^{\circ}\text{S} - 10^{\circ}\text{N}$, asociados a la fase de declinación del evento El Niño en el Pacífico Central. Sin embargo, entre $10^{\circ}\text{S} - 30^{\circ}\text{S}$ se aprecia anomalías de vientos del este, indicando vientos alisios fortalecidos, que se encuentran asociados a la ubicación e intensidad del APS (Figura 4b). En niveles altos (200 hPa) se tuvieron patrones de vientos del este entre $30^{\circ}\text{W} - 70^{\circ}\text{W}$ y $10^{\circ}\text{S} - 30^{\circ}\text{S}$, que ingresaron hacia la vertiente sur oriental y occidental de Perú y que favorecieron la convección vertical y lluvias, principalmente en la zona sur, como se evidencia en la precipitación que alcanzó anomalías positivas de hasta +800 % (Figura 10). Finalmente, en el Pacífico ecuatorial se observan anomalías del sureste entre $150^{\circ}\text{E} - 150^{\circ}\text{W}$ y anomalías del norte que se tornan del noroeste entre $120^{\circ}\text{W} - 60^{\circ}\text{W}$, las cuáles ingresan al norte de Chile y Argentina, advectando aire seco en la región (Figura 4a).

En la circulación al nivel de 1000 hPa, en promedio, en lo que va de mayo, se han observado anomalías de vientos del este (aprox. de -2 a -3 m s^{-1}) entre los $120^{\circ}\text{W} - 180^{\circ}$. Por otro lado, entre $120^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}$ se han observado anomalías de vientos del oeste (aprox. de $+2$ a $+3 \text{ m s}^{-1}$). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, en donde las anomalías de vientos del este ($120^{\circ}\text{W} - 180^{\circ}$ a inicios y mediados de mayo) y las anomalías del oeste en $120^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}$ presentan una mayor magnitud y área. De acuerdo al pronóstico, se espera que predominen anomalías de vientos del este entre 120°E y 120°W en ambos niveles (Figuras 5a y 5b). Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) en los primeros 15 días de mayo predominó la fase convergente entre $100^{\circ}\text{W} - 60^{\circ}\text{W}$ con mayores valores de anomalías de velocidad potencial positivas ($4-7 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, convergentes) entre 90°W y 60°W , lo cual limitó procesos convectivos de gran desarrollo vertical en la zona norte del Perú y probablemente favoreció en parte las condiciones deficitarias de lluvia (Figuras 5c, 10). De acuerdo al pronóstico, se espera una persistencia de la componente convergente situándose en una mayor área al este de 120°W , por lo que las condiciones no favorables a nubosidad de desarrollo vertical podrían persistir y tener un impacto sobre las temperaturas en la región (Figura 5c).

Con respecto a la variabilidad interanual del Anticiclón del Pacífico Sur (APS), para el trimestre FMA 2024, se encontró en el rango normal de intensidad ($-0,3 \text{ hPa}$) y se ubicó desplazado al este de su posición normal. Con respecto al trimestre EFM 2024, el APS mostró un ligero fortalecimiento en su intensidad y un desplazamiento al suroeste en su posición. En abril, el núcleo del APS se ubicó en promedio en los $102,5^{\circ}\text{W}$ y $32,5^{\circ}\text{S}$, desplazado al oeste de su posición habitual y una intensidad mayor a la usual (Figura 6).

Para abril, el APS en promedio presentó anomalías de hasta +5 hPa en la zona del núcleo y +7 hPa en su borde sur. 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 principalmente el incremento de la intensidad de los vientos alisios del sudeste en la región sur (Figura 9). En la costa norte se observó anomalías negativas de la presión en promedio de -1 hPa. En lo que va de mayo, el APS mostró una configuración meridional y al sur de su posición climatológica habitual. Se observó una mayor intensidad en el núcleo del APS en comparación con abril, alcanzando una presión mayor a 1030 hPa, con una anomalía promedio de +9 hPa en su núcleo (Figura 7 der.). Este aumento de la presión en el núcleo del APS favoreció un incremento aún mayor respecto a abril de la intensidad de los vientos alisios del sudeste, principalmente frente a la costa sur (Figura 9), lo que pudo favorecer a su vez la disminución de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) a lo largo del litoral costero.

El pronóstico del modelo GFS, entre el 17 al 23 de mayo, indica que los valores de presión en el núcleo del APS serán, en promedio, de 1030 hPa, por encima de sus valores climáticos, con una configuración meridional y relegado hacia el suroeste entre 120°W – 150°W y 40°S – 50°S, lo que podría incidir sobre la magnitud de los vientos en superficie (Figura 7 y 8). Del 24 al 30 de mayo, el APS migrará hacia los 120°W – 90°W hacia el este, más cercano a su posición climática. Además, se prevé una configuración zonal cercana a costa, lo que podría incrementar la magnitud de los vientos alisios del sudeste principalmente en el sur (Figura 9).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante el mes de abril y la primera quincena de mayo, en la franja ecuatorial frente a las costas de América, entre los 5°S a 5°N, predominaron velocidades de viento (VV) moderadas (4,1 a 6,8 m s⁻¹), que evidenciaron el posicionamiento de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) sobre el hemisferio norte (Figura 11). En la zona oceánica frente a la costa peruana, en la primera quincena de abril y en las dos primeras semanas de mayo, predominaron vientos fuertes (VV > 6,8 m s⁻¹) y anomalías positivas de VV (> +1,0 m s⁻¹). En cambio, en la segunda quincena de abril se registraron vientos moderados con anomalías de VV negativas (< -1,0 m s⁻¹) o en el rango neutral (Figura 11). En la franja de 110 km adyacente a la costa, siguieron registrándose vientos moderados a fuertes, con anomalías de velocidad del viento (VV) en el rango neutral a positivas, principalmente, desde Talara a San Juan de Marcona. De San Juan de Marcona hacia el sur, se registraron vientos moderados con anomalías de VV en el rango neutral (Figura 12).

El afloramiento costero se mantuvo intenso frente a la mayor parte de la costa ($> 200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$), con un pulso significativo a mediados de abril y mostró una intensificación por encima de lo normal a partir de mayo, especialmente entre Talara y Sechura, así como entre Pisco y San Juan de Marcona. De San Juan de Marcona hacia el sur, el índice de afloramiento costero se mantuvo acorde a su climatología. El bombeo de Ekman mostró una intensificación notable en la primera quincena de mayo, con el aumento de las anomalías positivas, asociadas al incremento del viento oceánico (Figura 13).

Respecto a las temperaturas del aire, en la primera decadiaria de mayo, las temperaturas máximas diurnas y mínimas nocturnas a lo largo del litoral presentaron valores dentro de su variabilidad climática, con anomalías promedio entre $\pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, debido principalmente a la influencia del APS, que para la primera decadiaria de mayo migró hacia el este respecto a la anterior decadiaria (21-30 abril) y ello podría haber intensificado la magnitud de los vientos alisios del sudeste, principalmente en el sur. Cabe señalar que, en algunas estaciones meteorológicas a lo largo del litoral, se han registrado descensos de las anomalías de temperatura por debajo de los $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Las temperaturas máximas diurnas mostraron anomalías de $-1,6 \text{ }^\circ\text{C}$ en las estaciones meteorológicas de Lambayeque y Fonagro Chincha. Asimismo, las temperaturas mínimas registraron anomalías de $-1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ en la estación de Lambayeque (Figura 14).

La TSM en el mar peruano continuó disminuyendo frente a toda la costa, distribuyéndose las isotermas mayores a $24 \text{ }^\circ\text{C}$ por fuera de las 100 millas para la segunda semana de mayo, desarrollándose anomalías negativas predominantes frente a la costa norte y centro, y algunos núcleos positivos cerca de costa frente a la zona sur. Esta distribución térmica generó un escenario frío, principalmente en la zona norte (Figura 15). Por dentro de las primeras 100 millas frente a la costa norte, la TSM alcanzó valores entre $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y $22 \text{ }^\circ\text{C}$ durante abril y un valor de 20°C en la primera quincena de mayo, alcanzando $-1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ de anomalía en promedio, relacionándose con el incremento del viento del sudeste y la presencia de aguas más halinas (aguas costeras frías, ACF) (Figura 16a).

A otra escala, en el litoral de Perú la anomalía de la TSM continuó disminuyendo ligeramente en el litoral norte y centro, registrando valores por debajo de lo normal de hasta $-3 \text{ }^\circ\text{C}$ de anomalía, estableciéndose valores negativos al norte de Chimbote a inicios de mayo. En tanto, en la zona sur se presentó una reducción de los núcleos positivos, en lo que va de mayo 2024, manteniendo todavía anomalías positivas de $+0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, aunque dentro del rango normal (Figura 16b).

Durante el mes de abril se detectó la presencia de una ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) frente a Ilo entre las 50 mn y 300 mn de distancia a costa (Figura 17), disipándose posteriormente.

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa mostraron un incremento de Paita hacia el sur en la primera quincena de abril, para luego descender hasta la primera semana de mayo, salvo en el extremo norte donde se detectó un ligero incremento en la tercera semana de abril. En los últimos días se detectó un nuevo incremento de las ANM al norte de los 4°S, superando los +10 cm, el cual estaría asociado a la señal de una onda Kelvin cálida (Figura 18).

Asimismo, en el litoral, la ANM presentó un incremento de sus anomalías cambiando a ligeramente positivas, debido al paso de la onda Kelvin cálida, para luego disminuir, predominando valores negativos cercanos a su normal. Por otro lado, a partir de mayo se comenzaron a desarrollar anomalías negativas en el litoral al sur de San Juan de Marcona, con un valor de -10 cm, debido incrementos de los procesos de afloramiento (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 +0,28 para abril del 2024, manteniendo una condición cálida 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 -0,2 para abril correspondiente a una condición neutra (Figura 20).

Respecto a la temperatura subsuperficial, en los primeros quince días de abril, entre Tumbes y Piura y dentro de las 200 mn frente a la costa se detectaron anomalías negativas sobre los 500 m, con núcleos de hasta -3 °C sobre los 60 m de profundidad, asociado a la señal del paquete de ondas Kelvin frías; mientras que entre la segunda quincena de abril y primeros doce días de mayo, se observó una atenuación de las anomalías negativas en la columna de agua, detectándose anomalías positivas de hasta +1 °C sobre los 20 m y entre los 100 y 400 m de profundidad, asociado al paso de una onda Kelvin cálida (Figuras 21, 22 y 23). Por otro lado, alrededor de las 200 mn frente a la costa central, entre la segunda quincena de abril y primeros diez días de mayo, se observaron anomalías entre +0,5 °C y +2 °C sobre los 70 m de profundidad, principalmente; mientras que por debajo de esta capa hasta los 500 m de profundidad se observó el predominio de anomalías negativas, con anomalías de hasta -2 °C entre los 40 y 100 m de profundidad (Figura 21). La profundidad de la termoclina, a fines de abril e inicios de mayo, frente a Paita y Chicama se profundizó respecto a fines de marzo, ubicándose en promedio ligeramente por debajo su climatología dentro de las 100 mn (Figura 24). Cabe indicar que, considerando registros continuos de la columna de agua frente a la costa norte, en abril y primeros 12 días de mayo predominaron las anomalías térmicas negativas de hasta -3 °C sobre los 50 m de profundidad (Figuras 21 y 25). Esta evolución contrasta con la fase terminal de El Niño 2015-2016, en el cual las condiciones cálidas anómalas en la columna de agua persistieron hasta mayo (Figura 25).

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura continuó decayendo de 24 °C en inicios de abril a 20 °C durante la primera semana de mayo 2024, disminuyendo en 4 °C y alcanzando entre -2 °C y -3 °C para fines de abril e inicios de mayo, disminuyendo las temperaturas y estableciendo una condición fría; asimismo, desde abril se viene presentando corrientes marinas zonales hacia el Este, sobre los 20 m de profundidad, asociada al paso de una onda Kelvin cálida (Figura 26).

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte (Paita) indica una ligera profundización de las isotermas hasta el 24 de mayo sobre los primeros 150m de profundidad, desarrollando anomalías de +0,5 °C por debajo de los 30m y hasta los 150 m. A 100 millas se espera decaigan los núcleos positivos sobre los 120 m a dentro de lo normal (Figuras 27 a y b). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama se espera una conservación de la temperatura con la presencia de núcleos de -1 °C (Figura 27 c). Por otra parte, a 40 mn de Chimbote y Callao se espera un enfriamiento que desarrolle una anomalía negativa de -1 °C sobre los 80 m de profundidad y la presencia somera de isotermas de 18 °C y 17 °C, respectivamente (Figura 27 d y e).

Por otro lado, hasta el 24 de mayo, de acuerdo con el modelo MERCATOR habría una tendencia al descenso de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2, intensificándose los valores negativos (Figura 28). La anomalía del nivel del mar aún aumentaría entre los 0° y 20°S, asociado al paso de la onda Kelvin cálida débil (Figura 29). En cuanto a la termoclina, continuaría en una posición por encima de su climatología frente a la costa peruana. En cambio, la tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo, presentaría primero una ligera tendencia negativa frente a toda la costa peruana, y después una tendencia positiva de la anomalía de la TSM (Figura 30).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), desde la segunda quincena de abril y lo que va de mayo, en general las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se mantuvieron de Tumbes al norte (Figura 31). Esto fue debido al incremento paulatino en cobertura de las aguas costeras frías (ACF) que continuaron aflorando frente a la costa norte y que a inicios de mayo habrían ampliado su cobertura hasta las 60 mn frente a Paita y a Chicama en los primeros 25 m (Figura 23), generando el repliegue por fuera de las 60 mn de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Estas últimas generaron mezcla hasta las 100 mn frente a Punta Sal (4,1°S) y presentaron una amplia distribución por fuera de las 200 mn hasta los 140 m de profundidad (Figura 32). Al sur de Chicama y hasta Pisco aún predominó una amplia distribución de las ASS, predominando aguas de 35,1 a 35,2 y presentando mezcla con las ACF cerca del litoral (Figura 31). Al sur de Pisco, se mantuvo el predominio de ACF, aunque con una mayor presencia de celdas de aguas de mezcla con baja salinidad debido a la influencia de las Aguas Intermedias del Pacífico Sur (AIPSE), principalmente en mayo (Figura 31).

El pronóstico de salinidad a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica una menor presencia de las ASS sobre los 150m de profundidad, debido a la mezcla con las ACF (Figura 33).

Respecto al oxígeno disuelto (OD), en los primeros días de mayo, en la sección Paita, se registró la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ por debajo de los 230 m de profundidad y la iso-oxígena de 2,0 mL L⁻¹ hasta los 120 m de profundidad. Además, se observó una mayor expansión del sector conformado por las iso-oxígenas entre 1,0 a 2,0 mL L⁻¹ (Figura 23). En la sección Chicama a fines de abril 2024, se pudo apreciar dentro las 25 mn, celdas de afloramiento reciente con valores de OD inferiores a 4,0 mL L⁻¹ sobre la superficie del mar. Por otro lado, el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, OD <0,5 mL L⁻¹) alcanzó los 15 m debajo de la superficie en la zona costera, mientras que fuera de la plataforma se presentó debajo de 160 m de profundidad, a diferencia de la sección Paita, donde la ZMO se ubicó por debajo de los 280 m (Figura 23). Por último, la ubicación de la oxiclina en la columna de agua, respecto a fines de marzo, se profundizó frente a Paita por debajo de su climatología, mientras que frente a Chicama tendió a ascender, ubicándose por encima de su posición climatológica (Figura 24).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó durante abril, en promedio, concentraciones de 1 a 3 µg L⁻¹ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa, con núcleos de 10 µg L⁻¹ entre Paita y San José y entre Huacho y Pisco. En lo que va de mayo, estas concentraciones han disminuido, predominando valores de 1 µg L⁻¹ dentro de las 60 mn, con núcleos de 3 µg L⁻¹ frente a Chimbote y entre Callao y Pisco (Figuras 34 y 35). En abril, de San Juan hasta el norte de Paita, predominaron anomalías positivas entre +1 µg L⁻¹ a +10 µg L⁻¹ dentro de las 60 mn, que se extendieron hasta las 150 mn frente a Paita, aunque al sur de Chimbote, dentro de las 60 mn, y frente a Pisco, entre las 30 a 60 mn, se observaron anomalías negativas (-1 µg L⁻¹). En cambio, en lo que va de mayo han predominado anomalías de -1 µg L⁻¹ a lo largo de la costa, intensificándose entre Huacho y Pisco (-4 µg L⁻¹) (Figura 34). Esta disminución en la productividad podría estar relacionada al aumento de la nubosidad y de la capa de mezcla en el mes de mayo. Respecto a las FAN, se detectó una disminución de su incidencia en abril con respecto al primer trimestre del año. Solo se registró un evento a inicios de abril en la bahía Paracas, ocasionado por el flagelado *Heterosigma akashiwo*, especie nociva no toxica, asociada a una TSM de 23,1 °C.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, la anchoveta (*Engraulis ringens*) muestra una notable recuperación de su nivel poblacional, posterior a El Niño 2023-2024.

Desde el inicio de la primera temporada de pesca del 2024, el 16 de abril, la anchoveta presentó una amplia y continua distribución latitudinal, desde Bayóvar hasta Pisco. Respecto a la distancia de la costa, se presentó principalmente dentro de las 60 mn, acorde con los resultados del Crucero de Evaluación Hidroacústica culminado a inicios de abril. Los volúmenes de desembarque muestran un buen rendimiento, con un promedio diario superior a las 50 mil toneladas (Figura 36). La estructura de tallas varió de 7,0 a 16,5 cm longitud total (LT), con moda adulta en 12,0 cm LT. La incidencia de la talla mínima de captura fue 38,9 % en número y 28,4 % en peso. La mayor presencia de juveniles (superior al 50 %) se registró entre los 11° y 13°S. Según distancia de la costa, la mayor incidencia de juveniles se presentó dentro de las 10 mn (50 %), disminuyendo progresivamente por fuera de las 20 mn (Figura 37). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte – centro, mostraron una baja actividad desovante en abril, acorde a lo esperado para esta época. El índice de atresia (IA), señaló el incremento en los procesos de reabsorción gonadal. El valor del contenido graso (CG) indica el incremento de sus reservas energéticas, de acuerdo a lo esperado para la época. (Figura 38).

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus peruanus*), se distribuyeron principalmente desde Chimbote hasta Ilo, 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 60 mn de la costa. Las tres especies mencionadas fueron capturadas por la flota artesanal (Figura 39). En cuanto a la condición reproductiva de los recursos transzonales, en general, presentaron una disminución del IGS en abril, indicando menores procesos de actividad reproductiva, manteniendo la tendencia de sus patrones históricos. En la primera quincena de mayo, el bonito mostró la disminución de sus procesos de maduración gonadal y desove (Figura 40).

Se registraron especies asociadas a condiciones frías, como la munida (*Pleuroncodes monodon*), que presentó una amplia distribución desde Bayóvar hasta Pisco dentro de las 60 mn de la costa. Por otro lado, se registró a la samasa (*Anchoa nasus*) frente a Bayóvar dentro de las 10 mn, el bagre frente a Salaverry y el calamar común frente a Malabrigo (Figura 41).

Respecto a los recursos demersales, durante abril hasta el 11 de mayo, la actividad de la flota industrial arrastrera de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta Paita. Durante ese periodo, los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron en dos zonas, el área comprendida entre el extremo norte del litoral peruano y los 4°S, y el área comprendida entre los 4°30'S y 5°00'S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en esas zonas (Figura 42). Los valores de la CPUE en el periodo mencionado fueron mayores a los registrados en

marzo (Figura 43). Por otro lado, se observó que se mantiene la presencia de ejemplares de menor tamaño desde el extremo norte hasta los 6° S, aunque este grupo de individuos ha presentado un crecimiento en tamaño a lo largo del periodo analizado (Figura 44).

Para los recursos invertebrados, se observó disminución de los desembarques del calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*). Este recurso se encontró distribuido principalmente entre el extremo norte (03° 30'S) hasta Pimentel y frente a San Juan de Marcona, desde las 10 hasta las 200 mn de la costa, registrando las mayores concentraciones frente a Talara (Figura 45).

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de abril y los primeros catorce (14) días del mes de mayo del 2024 los ríos de la vertiente del pacífico norte de Chira hasta el río Chicama, sus caudales estuvieron por debajo de lo normal, de forma muy notoria, cabe mencionar que estos valores de anomalías ya se vienen observando desde los últimos días del mes de febrero, mientras que los ríos del Pacífico centro y Pacífico sur del país han presentado caudales dentro de lo normal a sobre lo normal, pero con predominio de condiciones normales.

En los ríos de la vertiente del Amazonas, predominaron condiciones normales, en su gran mayoría en la primera quincena de mayo, pero el río Amazonas en la estación Tanshiyacu, ya desde marzo viene registrando anomalías ligeramente por debajo de lo normal.

Los ríos de la vertiente del Titicaca tuvieron condiciones notoriamente sobre lo normal, para el mes de abril, pero durante la primera quincena del mes de mayo registraron caudales normales a por debajo de lo normal. Por otro lado, el lago Titicaca tuvo un incremento de sus niveles, pero se nota una tendencia de niveles menores del año pasado, que manifiesta los niveles más bajos registrados desde el año 80 (Tabla 4).

Los principales embalses del país, al 14/05/2024 se encuentran al 86,2 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses siguen incrementando sus volúmenes almacenados, pero ya de forma muy ligera. De otro lado, en la sierra central, tanto el Lago Junín y el embalse Choquesera continúan al 100 % como también los embalses del sistema de Chili Regulado se encuentra muy cercano a su capacidad y la presa Jarumas ya se encuentra al 100 % de su capacidad, de igual forma, el sistema regulado de Mantaro – Rímac también se encuentra al 100 %, pero de otro lado se debe de mencionar que la represa de Tinajones tiene almacenado solo 48 % de su capacidad, la que podría significar que en los próximos meses restricciones en el abastecimiento del agua (Tabla 5).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango de la costa norte, las temperaturas máximas de normales a ligeramente cálidas y temperaturas mínimas en torno a sus normales, promovieron el brotamiento vegetativo de las plantaciones; especialmente para las variedades de exportación como Kent. Para campaña de arroz 2023/2024 de la costa norte, los puntos de observación de El Partidor (Piura); Chancay-Lambayeque, Oyotun y Puchaca (Lambayeque), evidenciaron arrozales en llenado y maduración del grano, mayoritariamente, favorecido por las temperaturas del aire de normales a ligeramente frías. En la localidad de La Yarada (Tacna), se observó una caída en la producción de la aceituna negra como consecuencia de las temperaturas cálidas reportadas durante la campaña 2023/2024 (Figura 46).

IV. PERSPECTIVAS

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de abril indica que la probabilidad de que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), mantiene la tendencia a disminuir, siendo entre los meses de julio y agosto 2024 los máximos valores negativos. Luego hay una tendencia positiva, por lo pronto, hasta abril de 2025, pero 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 a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra una tendencia a decaer con sus máximos valores negativos en el verano de 2025 (Figura 47).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5-NEMO, NASA-GEOS2S, GFDL_SPEAR, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de mayo de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), muestran una condición neutra para el mes de junio. En el período julio - diciembre las condiciones serían de frías débiles a frías fuertes. Finalmente, entre los meses de enero y marzo de 2025 las condiciones serían 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 mayo y marzo de 2025; aunque con anomalías negativas, siendo la más extrema en el mes de julio (Tabla 7).

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 2 c) y de la profundidad de la termoclina (Figura 2 b), no se esperan mayores impactos de las ondas Kelvin cálidas, por ser débiles. Lo mismo se aprecia, por ahora, en la señal de la onda Rossby, tanto en la zona oriental como occidental (Figura 3 b). En la profundidad de la termoclina, según lo observado a la fecha, se espera el arribo de un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías que debe afectar la costa, por lo observado a la fecha, hasta julio.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 48) como de NCEP (Figura 49), y luego con vientos igual a cero—, indica que en los siguientes meses se espera el arribo de ondas de Kelvin frías hasta julio y agosto, por lo pronto. Según la simulación que usa esfuerzo de viento pronosticado a 40 días del modelo CFSv2 (Figura 50), si bien también muestra solo presencia de ondas Kelvin frías para los siguientes meses, un nuevo núcleo intenso arribaría a fines de julio. Asimismo, hay que considerar que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 10 de mayo 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que entre mayo y agosto 2024 se espera la llegada a las costas Sudamericanas de tres ondas Kelvin frías y una cálida. Entre lo que resta de mayo e inicios de junio, se espera la llegada a Sudamérica de dos ondas Kelvin frías (modo 2 y modo 1); la onda de modo 1 habría sido reforzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial oriental a inicios de mayo, mientras que la de modo 2, habría sido reforzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central (Figura 51). Por otro lado, la otra onda Kelvin fría (modo 1), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental, llegará a Sudamérica en junio. Cabe señalar, que una onda Kelvin cálida (modo 2) se habría generado en el Pacífico ecuatorial occidental por las anomalías de vientos del oeste y llegaría a Sudamérica en agosto. El arribo repetido de ondas Kelvin frías están contribuyendo a la superficialización de la termoclina en el Pacífico ecuatorial y frente a las costas de Sudamérica, además de la persistencia o intensificación de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2, son más probables las condiciones neutras en junio, seguida de condiciones frías débiles entre julio y setiembre y neutras entre octubre y diciembre (Figura 52). Asimismo, para el verano 2024-2025, serían más probables las condiciones neutras (Tabla 8).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) es más probable que en junio prevalezcan las condiciones neutras; mientras que desde julio hasta diciembre son más probables las condiciones frías débiles (Figura 52) intensificándose hacia fin de año, señalando el posible desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central. Para el verano 2024-2025, las condiciones frías débiles serían más probables, seguidas de condiciones neutras (Tabla 9).

El pronóstico estacional vigente para mayo-julio de 2024⁴ indica valores de temperaturas mínimas del aire de normales a inferiores a lo normales a inferiores a lo normal en la costa peruana y, temperaturas máximas dentro de sus valores normales. En la región andina y Amazonía predominarán condiciones térmicas de normales a sobre lo normal.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico⁵, entre mayo y agosto, en la región hidrográfica del Pacífico se prevén caudales muy por debajo de lo normal en los ríos Chira y Piura; en el rango normal y muy sobre lo normal⁶ en los ríos Rímac y Mala, respectivamente, y muy sobre lo normal, en el río Ocoña. Es necesario recordar que entre mayo a agosto se registran los caudales más bajos del año (estiaje). En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales en el rango normal a muy por debajo de lo normal, en promedio. Finalmente, en la región hidrográfica del Atlántico se prevén caudales debajo de lo normal en el río Amazonas.

En cuanto a los recursos pesqueros, en lo que resta del otoño, se espera que la anchoveta del stock norte-centro mantenga una amplia distribución frente a la costa hasta las 60 mn o más, y se incremente la segregación espacial de cardúmenes de adultos y juveniles. Asimismo, la actividad reproductiva de la anchoveta continuaría disminuyendo dentro de su patrón. Además, de acuerdo a las condiciones previstas, se esperaría que aumente la disponibilidad del jurel y la caballa en la región sur. Por otro lado, la disponibilidad de la merluza para la flota artesanal e industrial se mantendría en niveles similares a los observados en las últimas semanas de Paita hacia el norte. Asimismo, se observó que se mantiene la presencia de ejemplares de menor tamaño desde el extremo norte hasta los 6° S, aunque este grupo de individuos ha presentado un crecimiento en tamaño a lo largo del periodo analizado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el “Estado del sistema de alerta” en “No Activo”, dado que, se espera que en los siguientes meses predominen las condiciones neutras asociadas a la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 que abarca la costa norte y centro del Perú.

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

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-46.pdf>

⁵ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-45.pdf>

⁶ Nota: Anomalías de caudal simuladas entre -100% a -50% corresponden a “muy debajo de lo normal”, entre -50% a -25% como “debajo de lo normal”, entre -25% a 25% como “normal”, entre 25% a 50% como “sobre lo normal”, entre 50% a 100% como “muy sobre lo normal” y mayor a 100” como alto.

Se recomienda a los tomadores de decisiones y población en general tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo a los pronósticos estacionales, con la finalidad que adopten las acciones que correspondan para la preparación y reducción del riesgo de desastres.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 14 de junio 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 2023-2024 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Nov. 23	23.73	2.07	27.20	2.10	28.72	2.02	30.21	1.51
Dic.	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.	26.84	0.35	28.05	0.85	28.41	1.13	29.31	0.99
Abr.	25.51	-0.03	28.12	0.54	28.62	0.80	29.55	0.93

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

TSM – ATSM Semanal 2024 (OISST.v2)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
10-Abr-24	25.6	-0.2	28.1	0.6	28.5	0.9	29.1	0.7
17-Abr-24	24.9	-0.6	28.1	0.6	28.5	0.7	29.3	0.8
24-Abr-24	25.3	0.0	28.1	0.6	28.6	0.8	29.5	0.9
01-May-24	25.8	0.8	27.7	0.3	28.4	0.5	29.5	0.8
08-May-24	24.3	-0.4	27.3	0.0	28.2	0.3	29.5	0.8

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
abr-23	2,19	Cálida Fuerte	0,14	Neutro
may-23	2,55	Cálida Fuerte	0,47	Neutro
jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte
nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
abr-24	0,04	Neutro	0.70	Cálida Débil

Fuente: IGP

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 14 de mayo del 2024.

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)				Anomalia (%)	Condición
		Abril - 2024									Mayo - 2024					
Pacífico Norte	Tumbes															
	Cabo Inga	199.97	129.04	99.78	102.75	189.76	151.78	145.51	-17.70	Ligeramente por debajo de lo normal	191.66	146.59	114.13	150.79	-7.30	Normal
	Tumbes El Tigre	228.42	177.58	111.70	100.12	266.72	215.02	183.26	-18.60	Ligeramente por debajo de lo normal	250.90	204.45	135.88	197.08	34.30	Ligeramente sobre lo normal
	Chira (ardilla)	188.61	117.07	84.98	73.57	99.39	80.11	107.29	-30.80	Ligeramente por debajo de lo normal	95.50	78.05	66.13	79.89	-24.86	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chira (Puente Suallana)	7.77	6.67	6.04	8.38	6.51	6.15	6.92	-91.98	Significativamente por debajo de lo normal	6.06	5.25	5.00	5.44	-84.70	Significativamente por debajo de lo normal
	Piura	3.48	8.75	1.39	0.81	0.88	1.82	2.86	-95.52	Significativamente por debajo de lo normal	0.48	0.33	0.71	0.51	-97.65	Significativamente por debajo de lo normal
	Quiroz	77.99	36.80	16.47	14.50	23.88	22.25	31.98	-23.01	Ligeramente por debajo de lo normal	22.44	19.44	17.53	19.80	-35.10	Ligeramente por debajo de lo normal
	Motupe	1.48	1.69	1.33	1.19	1.36	1.77	1.47	-22.09	Significativamente por debajo de lo normal	1.70	1.46		1.58	-3.16	Normal
	La Leche	7.88	6.90	4.33	2.77	3.70	8.73	5.72	-52.60	Significativamente por debajo de lo normal	7.35	6.56		6.96	-20.49	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chancay Lambayeque	43.74	49.76	32.75	27.58	46.50	66.38	44.45	-40.01	Significativamente por debajo de lo normal	55.40	42.98	33.51	43.96	-5.33	Normal
	Zaña	4.75	7.71	7.01	7.13	6.26	7.81	6.78	-50.11	Significativamente por debajo de lo normal	8.99	8.00	7.03	8.01	-32.28	Ligeramente por debajo de lo normal
	Jequetepeque	25.69	30.95	33.65	26.93	35.09	32.40	30.79	-57.55	Significativamente por debajo de lo normal	27.77	25.45	22.98	25.40	-21.51	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chicama (Salinar)	19.88	27.92	38.50	22.05	29.18	34.89	28.74	-61.51	Significativamente por debajo de lo normal	25.59	21.38	18.84	21.94	-31.82	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chicama (Tambo)	21.81	29.77	31.55	20.61	24.94	27.88	26.09	-29.20	Ligeramente por debajo de lo normal	25.09	22.64	20.42	22.72	7.99	Normal
	Moche	3.03	10.07	20.93	8.10	9.37	17.83	11.56	-36.34	Significativamente por debajo de lo normal	10.73	7.47	10.25	9.48	15.89	Ligeramente sobre lo normal
Santa	402.52	396.53	442.76	253.07	213.93	180.34	314.86	35.75	Ligeramente sobre lo normal	158.92	138.35	124.01	140.43	12.43	Normal	
Pacífico Centro	Pativilca	70.77	83.47	61.32	51.43	48.72	40.24	59.33	-0.30	Normal	40.73	37.62	35.14	37.83	0.92	Normal
	Huaura	38.68	36.83	32.74	24.95	21.90	19.03	29.02	-17.02	Ligeramente por debajo de lo normal	17.31	16.27	14.36	15.98	3.10	Normal
	Huaral	36.39	42.30	36.68	22.93	19.61	16.81	29.12	40.91	Ligeramente sobre lo normal	15.60	14.73	14.07	14.80	28.06	Ligeramente sobre lo normal
	Chillón	12.68	10.86	10.78	5.85	4.64	3.43	8.04	2.84	Normal	3.11	2.52	2.39	2.67	-29.37	Ligeramente por debajo de lo normal
	Rímac	46.11	40.83	39.82	35.62	29.44	24.32	36.02	-7.84	Normal	22.67	20.81	18.40	20.62	-13.86	Normal
	Lurín	11.82	11.77	10.25	6.73	6.01	5.69	8.71	1.76	Normal	3.66	5.21	2.79	3.89	-9.02	Normal
	Mala	53.00	54.80	39.60	21.60	16.60	11.60	32.87	19.55	Ligeramente sobre lo normal	9.20	7.86	6.50	7.85	-17.49	Ligeramente por debajo de lo normal
	Cañete	109.84	112.59	101.44	69.58	58.32	45.02	82.80	0.52	Normal	40.57	34.43	31.98	35.66	-7.46	Normal
	San Juan	71.34	92.24	53.06	18.14	10.80	4.30	41.65	200.82	Significativamente sobre lo normal	9.76	11.27	9.40	10.15	128.93	Significativamente sobre lo normal
	Pisco	70.93	91.10	51.37	26.73	20.51	14.78	45.90	129.77	Significativamente sobre lo normal	16.23	11.14	8.36	11.91	50.79	Significativamente sobre lo normal
Pacífico Sur	Ica	24.63	37.36	17.42	12.48	11.57	6.04	18.25	140.26	Significativamente sobre lo normal	10.10	0.15	0.16	3.47	170.18	Significativamente sobre lo normal
	Acarí	35.00	41.33	38.33	21.35	17.25	10.43	27.28	-57.97	Significativamente por debajo de lo normal	15.33	8.20	8.00	10.51	-26.99	Ligeramente por debajo de lo normal
	Yauca	24.80	38.07	35.80	25.13	24.93	22.73	28.58	75.18	Significativamente sobre lo normal	19.73	16.60	11.33	15.89	145.94	Significativamente sobre lo normal
	Ocoña	43.22	134.63	140.99				106.28		Significativamente sobre lo normal						
	Camaná	142.08	157.40	162.43	89.19	67.16	56.86	112.52	24.06	Ligeramente sobre lo normal	54.65	50.14	46.49	50.43	-16.33	Ligeramente por debajo de lo normal
	Socabaya	1.18	0.43	0.23	0.20	0.21	0.15	0.40	40.63	Significativamente sobre lo normal	0.15	0.18	0.20	0.18	11.21	Normal
	Huracane	1.49	1.37	1.22	1.00	0.99	0.86	1.15	5.89	Normal	0.87	0.82		0.85	4.15	Normal
	Torata	1.35	0.95	0.89	0.94	1.11	1.16	1.07	12.37	Normal	1.01	1.14		1.07	10.48	Normal
	Tumilaca	1.49	1.37	1.22	1.00	0.99	0.86	1.15	5.89	Normal	0.87	0.82		0.85	4.15	Normal
	Locumba	2.99	2.91	2.76	2.81	2.83	2.79	2.85	3.38	Normal	2.73	2.70	2.68	2.70	6.44	Normal
Sama	2.08	1.89	1.21	0.97	0.86	0.74	1.29	6.02	Normal	0.91	0.94	1.14	1.00	-0.26	Normal	
Caplina	0.59	0.74	0.67	0.63	0.60	0.47	0.62	-2.39	Normal	0.48	0.47	0.47	0.47	-18.23	Ligeramente por debajo de lo normal	
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	963.17	972.94	746.49	594.52	600.36	618.01	749.25	-23.41	Ligeramente por debajo de lo normal	550.93	633.16	442.54	542.21	-9.68	Normal

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalía (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)		Promedio (m3/s)	Anomalía (%)	Condición	
		Abril - 2024									Mayo - 2024					
	Marañón (Cumba)	1056.05	1070.94	842.98	678.05	640.91	599.85	814.80	1.70	Normal	544.57	601.69	452.22	532.79	5.90	Normal
	Crisnejas (Puente)	66.46	57.34	43.40	31.66	55.75	55.82	51.74	-29.25	Ligeramente por debajo de lo normal	42.44	38.11	31.87	37.47	2.14	Normal
	Crisnejas (Jesús Túnel)	7.73	7.06	4.57	2.74	3.98	5.10	5.20	-58.15	Significativamente por debajo de lo normal	4.29	3.93	2.71	3.64	-27.22	Ligeramente por debajo de lo normal
Rios Navegables Norte	Napo	4997.62	6035.38	6689.69	6521.69	5970.62	7488.46	6283.91	-29.97	Ligeramente por debajo de lo normal	8194.94	7790.52	8771.63	8252.37	-14.62	Normal
	Marañón (San Regis)	23503.84	23430.22	23143.87	20700.30	2012.083	22631.43	22255.08	-3.52	Normal	#####	#####	#####	23059.16	-6.15	Normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	37030.68	36854.87	36978.25	35756.33	33774.01	34677.87	35845.34	-19.53	Ligeramente por debajo de lo normal	#####	#####	#####	34672.71	-22.67	Ligeramente por debajo de lo normal
Huallaga	Sisa	27.63	20.33	13.47	36.33	22.93	22.00	23.78	-95.93	Significativamente por debajo de lo normal	20.60	23.27	16.58	20.15	-51.56	Significativamente por debajo de lo normal
	Huallaga (Huayabamba)	1859.13	1752.42	1527.66	1533.52	1392.20		1612.99	52.17	Significativamente sobre lo normal	1512.07	1256.23	1141.73	1303.34	48.97	Ligeramente sobre lo normal
	Tocache	1435.46	1450.40	1270.87	1088.63	967.66	890.60	1183.94	-20.41	Ligeramente por debajo de lo normal	937.93	952.28	969.36	953.19	-9.92	Normal
	Huallaga (Tingo María)	725.34	700.72	657.97	570.58	483.97	420.37	593.16	-0.19	Normal	490.66	404.14	426.75	440.51	3.10	Normal
	Huallaga (Taruca)	161.04	135.69	118.37	89.38	73.66	59.52	106.28	-15.54	Ligeramente por debajo de lo normal	72.25	57.69	45.06	58.33	-18.07	Ligeramente por debajo de lo normal
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	145.98	145.72	145.43	145.30	144.37	143.60	145.07	-0.02	Normal	143.22	143.26	142.65	143.04	-0.53	Normal
Mantaro	Mantaro (Pongor)	901.26	701.73	603.49	384.41	316.71	251.52	526.52	57.33	Significativamente sobre lo normal	206.98	189.46	155.57	184.00	7.70	Normal
	Mantaro (La Mejorada)	567.17	431.53	377.86	270.07	225.15	172.41	340.70	32.94	Ligeramente sobre lo normal	147.47	132.87	108.63	129.66	-10.43	Normal
	Mantaro (Stuart)	204.04	173.46	162.53	111.38	88.83	60.56	133.47	-5.15	Normal	50.50	42.75	34.11	42.46	-29.69	Ligeramente por debajo de lo normal
	Mantaro (Chulec)	173.98	149.28	140.16	95.46	73.69	50.54	113.85	-3.46	Normal	47.57	42.43	34.56	41.52	-6.18	Normal
Pampas	Pampas	222.13	211.54	204.18	153.86	141.32	129.47	177.08	3.16	Normal	130.03	111.95	101.14	114.37	16.90	Ligeramente sobre lo normal
Apurimac	Antabamba	163.71	192.95	150.90	89.59	68.91	60.59	121.11	21.90	Ligeramente sobre lo normal	52.33	45.86	41.27	46.49	-10.91	Normal
Urubamba	Urubamba (Km 105)	286.19	206.92	223.57	168.54	136.12	102.04	187.23	14.55	Normal	101.82	86.74	71.17	86.58	1.91	Normal
	Paucartambo	80.38	63.84	62.55	46.30	38.17	31.45	53.78	20.97	Ligeramente sobre lo normal	42.32	25.93	21.00	29.75	9.09	Normal
	Pisac	193.07	151.97	161.77	102.43	80.11	62.24	125.26	18.29	Ligeramente sobre lo normal	72.64	58.28	51.21	60.71	18.33	Ligeramente sobre lo normal
	Chilca	217.33	159.77	167.25	102.36	83.42	69.08	133.20	6.60	Normal	75.42	66.01	59.64	67.02	-4.72	Normal
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	7122.32	5178.79	6385.24	5376.58	4264.51	4054.40	5396.97	-11.06	Normal	3985.88	4585.63	4586.01	4385.84	5.62	Normal
Titicaca	Huancané	61.61	36.72	49.36	20.35	12.77	8.52	31.56	29.52	Ligeramente sobre lo normal	6.03	5.95	5.35	5.77	-45.86	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ramis	221.92	155.45	208.49	115.55	73.65	57.70	138.79	25.82	Ligeramente sobre lo normal	51.80	53.29	46.38	50.49	3.20	Normal
	Ilave	103.69	78.59	57.28	6.54	4.57	4.34	42.50	71.76	Significativamente sobre lo normal	4.45	4.32	3.96	4.24	-67.22	Significativamente por debajo de lo normal
	Coata	72.05	59.09	57.13	24.11	18.35	14.31	40.84	-23.28	Ligeramente por debajo de lo normal	16.55	14.36	11.87	14.26	-14.62	Normal

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

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 14 de mayo del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	14-May	Piura	445.5	396.4	89.0
	San Lorenzo	14-May	Piura	195.6	194.2	99.3
	Tinajones	14-May	Lambayeque	331.6	159.2	48.0
	Gallito Ciego	14-May	La Libertad	366.1	303.8	83.0
	SUB TOTAL			1338.7	1053.6	78.7
Costa - Centro	Viconga	14-May	Lima	30.0	22.5	75.0
	Sistema Rímac	14-May	Lima, Junin	282.4	280.3	99.3
	Choclococha	14-May	Ica	131.1	106.7	81.4
	Ccaracochoa	14-May	Ica	40.0	37.7	94.3
	SUB TOTAL			483.5	447.2	92.5
Costa - Sur	Condorama	14-May	Arequipa	259.0	256.3	99.0
	El Pañe	14-May	Arequipa	99.6	97.3	97.7
	Dique Los Españoles	14-May	Arequipa	9.1	9.1	100.0
	Pillones	14-May	Arequipa	78.5	78.5	100.0
	El Frayle	14-May	Arequipa	127.2	127.2	100.0
	Aguada Blanca	14-May	Arequipa	30.4	14.2	46.7
	Chalhuanca	14-May	Arequipa	25.0	25.0	100.0
	Bamputañe	14-May	Arequipa	40.0	37.3	93.3
	Pasto Grande	14-May	Moquegua	200.0	170.7	85.4
	Paucarani	14-May	Tacna	10.5	9.4	89.5
	Laguna Aricota	14-May	Tacna	280.0	215.4	76.9
	Jarumas	14-May	Tacna	13.0	13.0	100.0
	SUB TOTAL			1172.4	1053.4	89.9
Sierra - Centro	Cuchoquesera	14-May	Ayacucho	80.0	80.0	100.0
	Lago Junin	14-May	Junin	314.7	314.7	100.0
	SUB TOTAL			394.7	394.7	100.0
Sierra - Sur	Lagunillas	14-May	Puno	585.1	493.5	84.3
	Sibinacocha	14-May	Cusco	110.0	93.40	84.9
	SUB TOTAL			695.1	586.9	84.4
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	3,535.8	86.6

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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	-0.20	-0.62	-0.95	-1.18	-1.38	-1.52	-1.52	-1.35	-----	-----
CanCM4i	-0.29	-0.70	-0.94	-1.08	-1.15	-1.23	-1.25	-1.21	-1.12	-0.98
GEM5_NEMO	-0.42	-0.66	-0.78	-0.89	-1.05	-1.26	-1.39	-1.38	-1.26	-1.10
NASA	-0.53	-1.10	-1.60	-2.07	-2.52	-2.82	-2.92	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.27	0.06	-0.18	-0.45	-0.72	-0.96	-1.01	-0.82	-0.46	-0.16
COLA-CCSM4	-0.38	-1.03	-1.53	-1.81	-1.93	-2.02	-2.07	-1.98	-1.71	-1.34
COLA_CESM	-0.27	-0.77	-1.19	-1.46	-1.59	-1.68	-1.69	-1.57	-1.38	-1.18
Promedio										
NMME	-0.26	-0.69	-1.02	-1.28	-1.48	-1.64	-1.69	-1.39	-1.19	-0.95

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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	-0.90	-0.93	-0.74	-0.54	-0.38	-0.46	-0.57	-0.53	-----	-----
CanCM4i	-0.85	-1.09	-0.97	-0.79	-0.58	-0.41	-0.30	-0.28	-0.27	-0.32
GEM5_NEMO	-0.25	-0.36	-0.48	-0.49	-0.51	-0.59	-0.67	-0.74	-0.72	-0.63
NASA	-0.97	-1.25	-1.27	-1.26	-1.25	-1.30	-1.37	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.54	-0.84	-0.87	0.76	-0.67	-0.59	-0.46	-0.21	0.10	0.41
COLA-CCSM4	-1.34	-1.41	-1.28	-1.08	-0.99	-1.07	-1.13	-1.11	-0.96	-0.81
COLA_CESM	-0.84	-0.86	-0.69	-0.50	-0.33	-0.32	-0.44	-0.55	-0.52	-0.39
Promedio										
NMME	-0.81	-0.96	-0.90	-0.77	-0.67	-0.68	-0.71	-0.57	-0.47	-0.35

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-abril 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-abril 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	1
La Niña Moderada	2
La Niña Débil	27
Neutro	45
El Niño Débil	19
El Niño Moderado	6
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-abril 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-abril 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	1
La Niña Moderada	13
La Niña Débil	47
Neutro	37
El Niño Débil	2
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Muy fuerte	0

6.2. Figuras

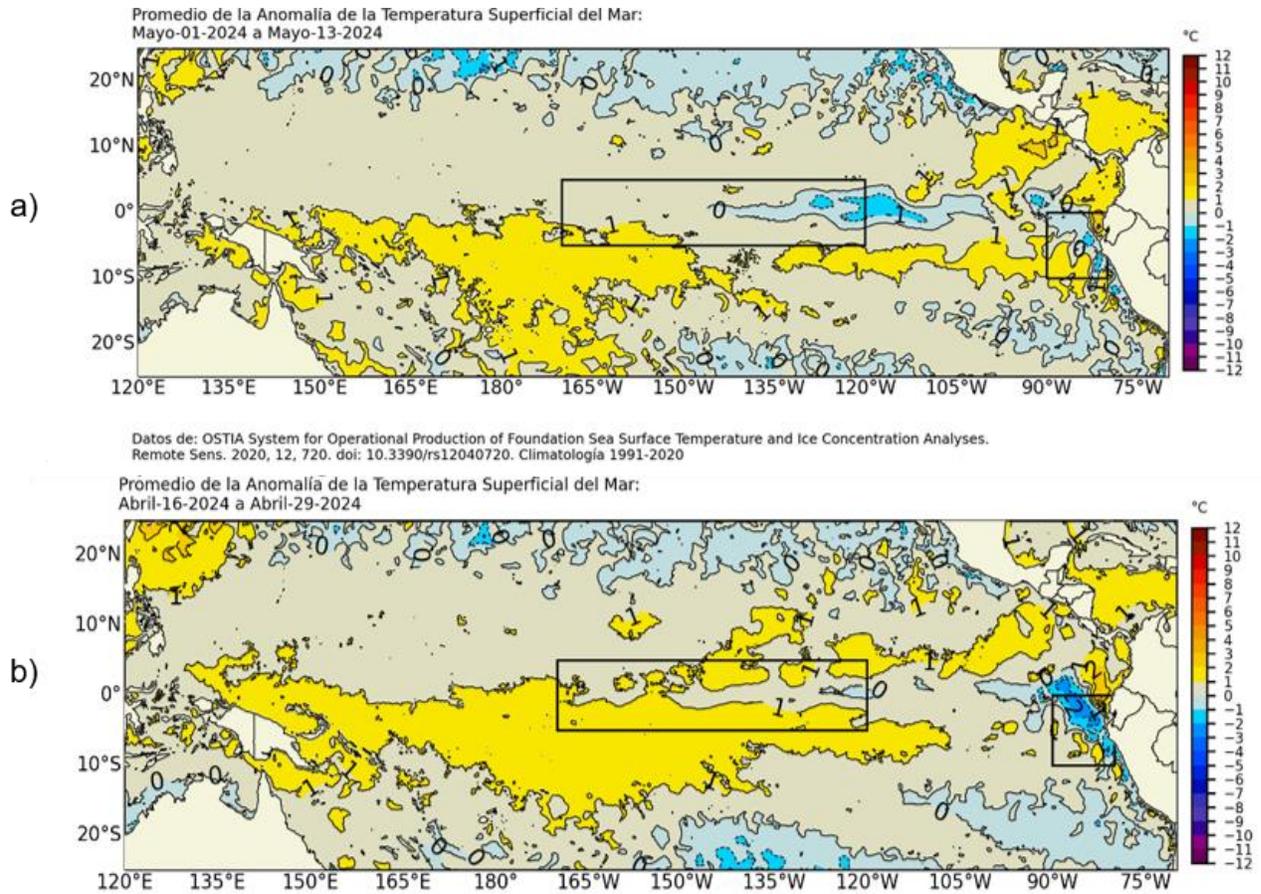


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 01 al 13 de mayo 2024, y b) 16 al 29 de abril 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

(2°S to 2°N average)

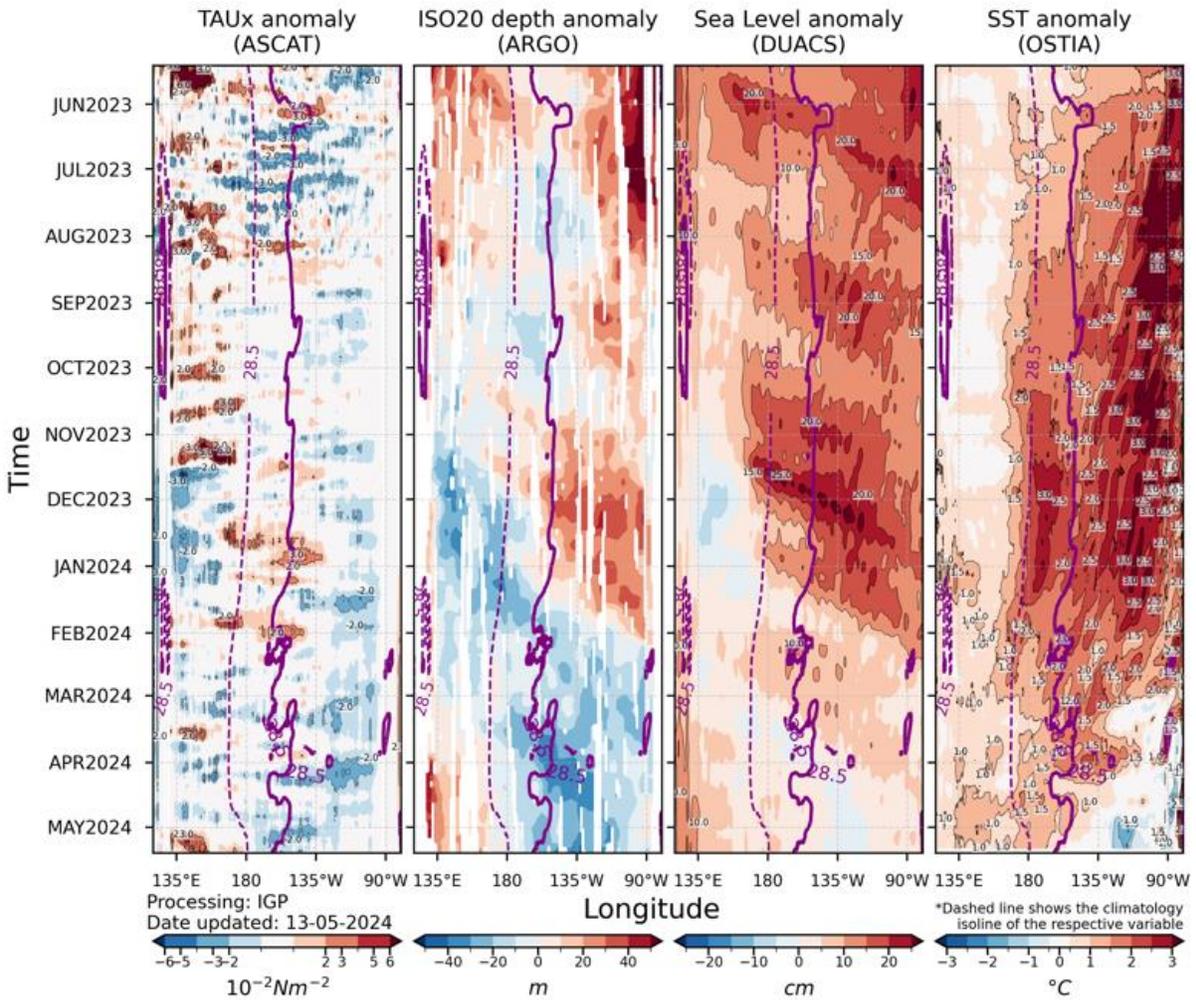


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

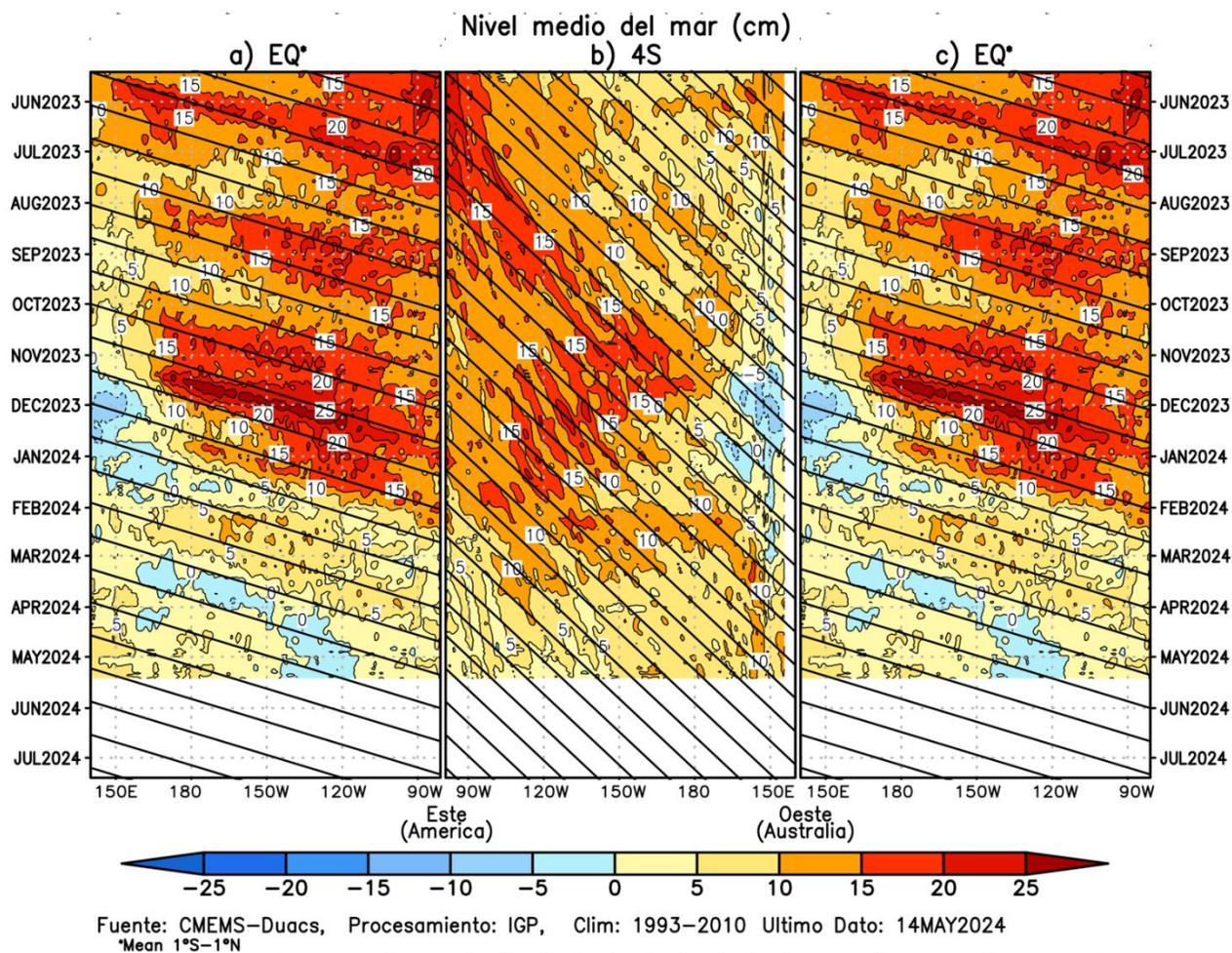


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

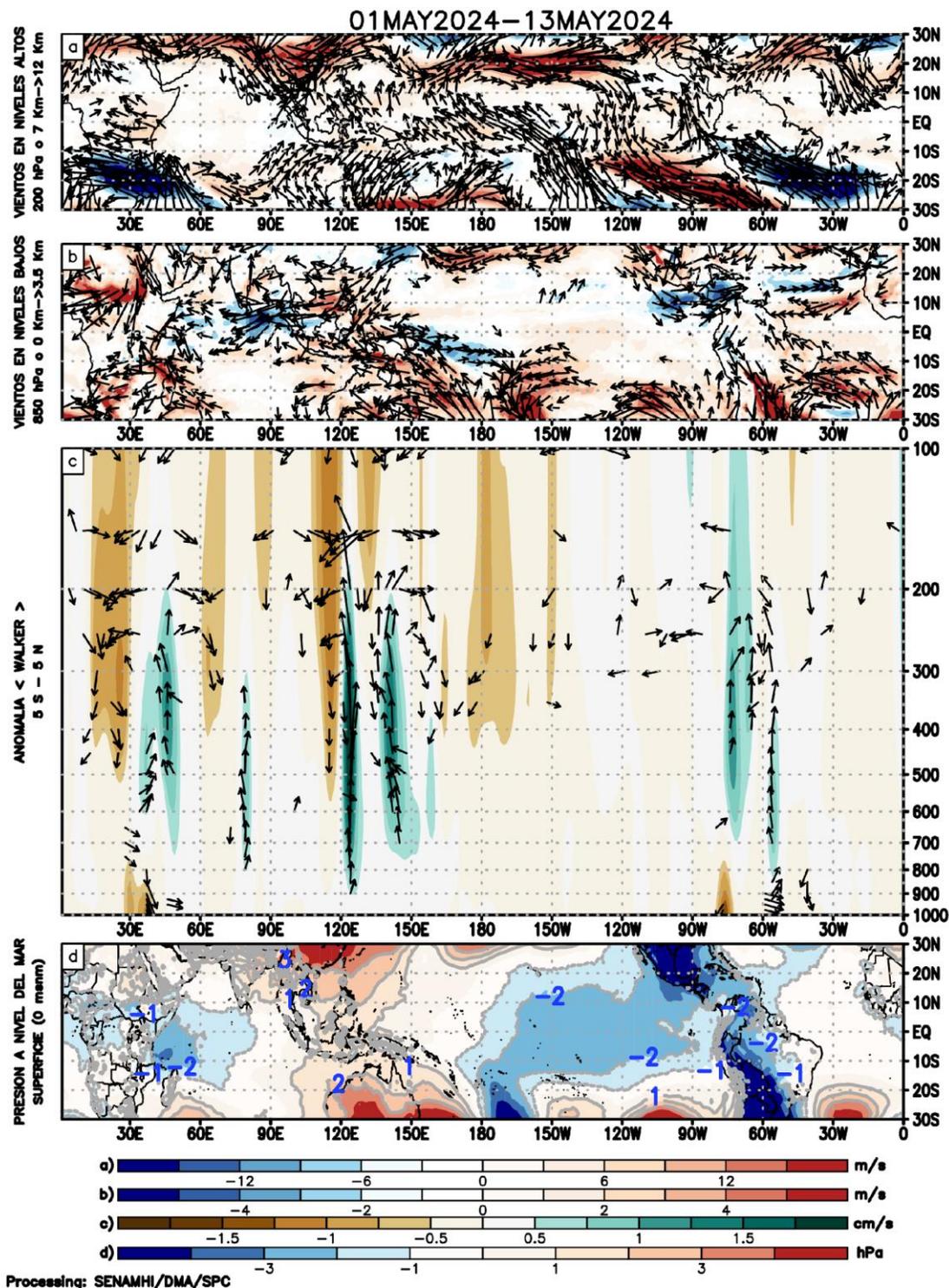


Figura 4. Patrones de la circulación atmosférica tropical entre el 1-13 de mayo de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

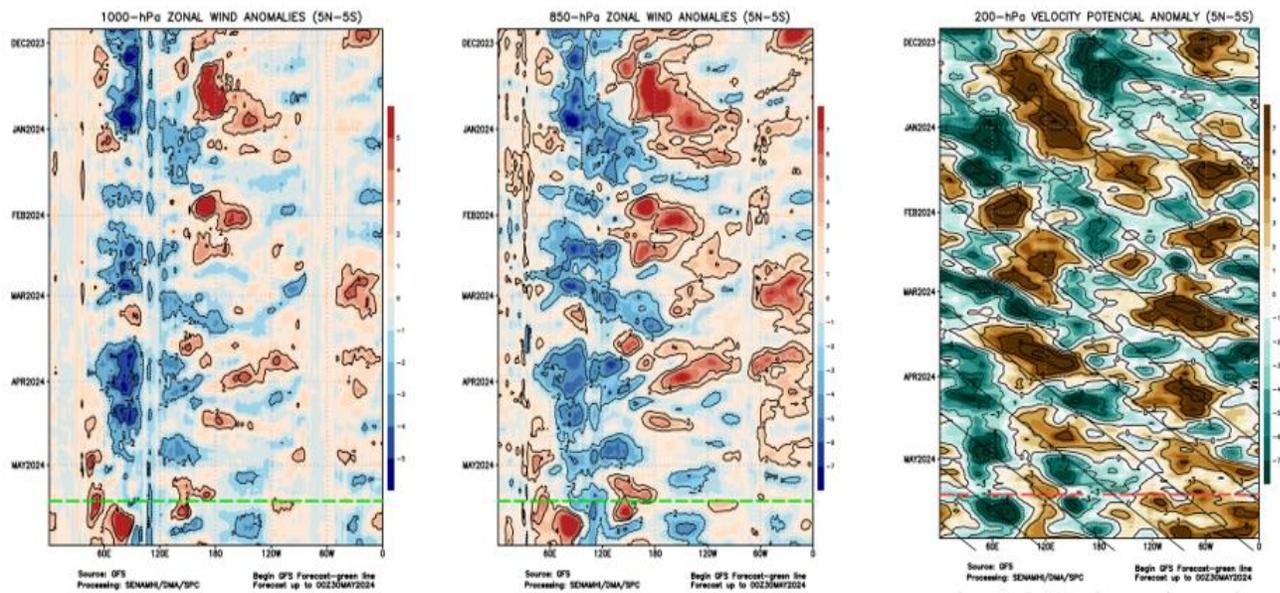


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S y entre diciembre 2023 a mayo del 2024, del (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: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

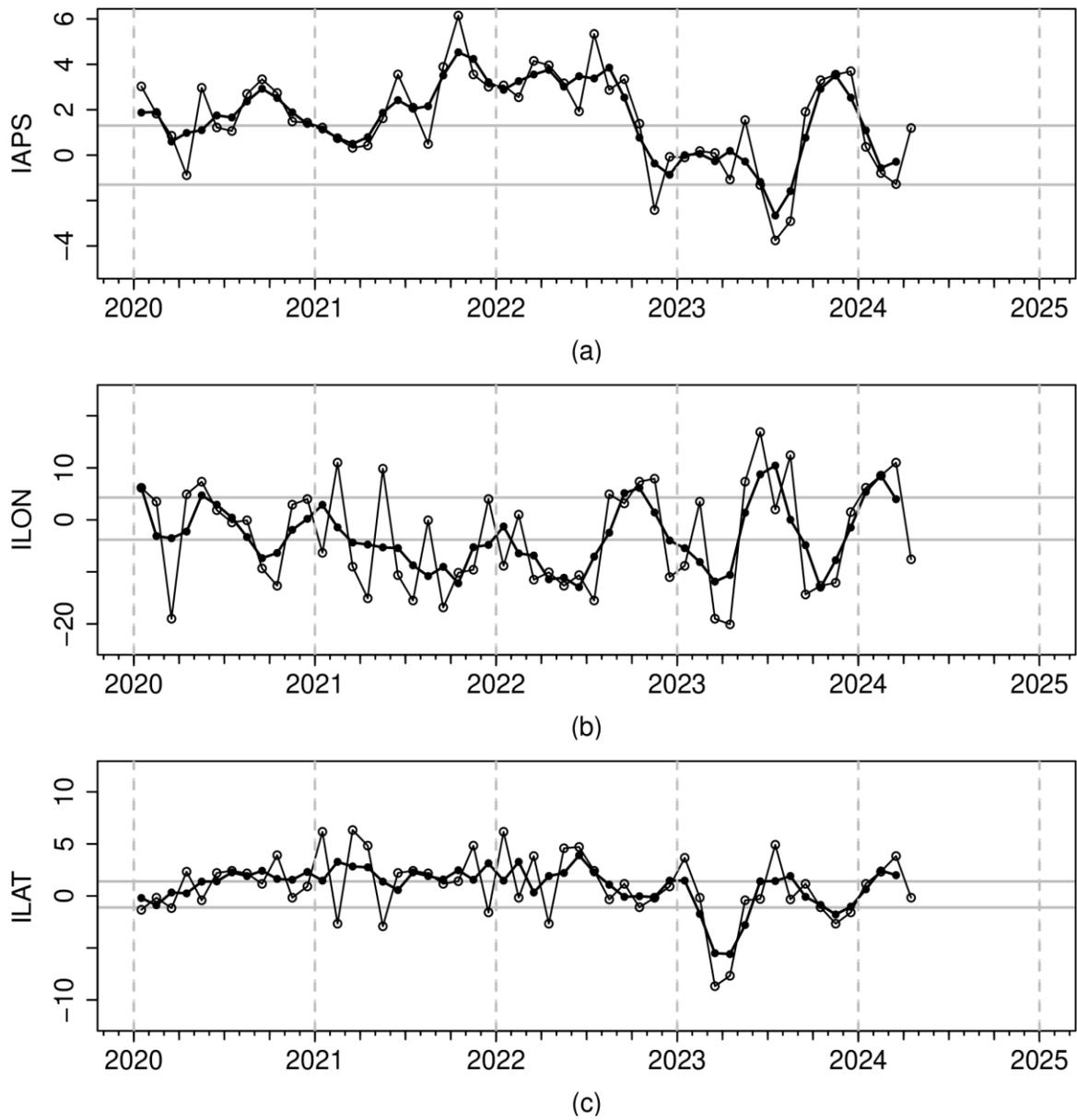


Figura 6. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre FMA 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta abril 2024. Climatología 1991-2020. Fuente: NCEP/NCAR. Procesamiento: IMARPE.

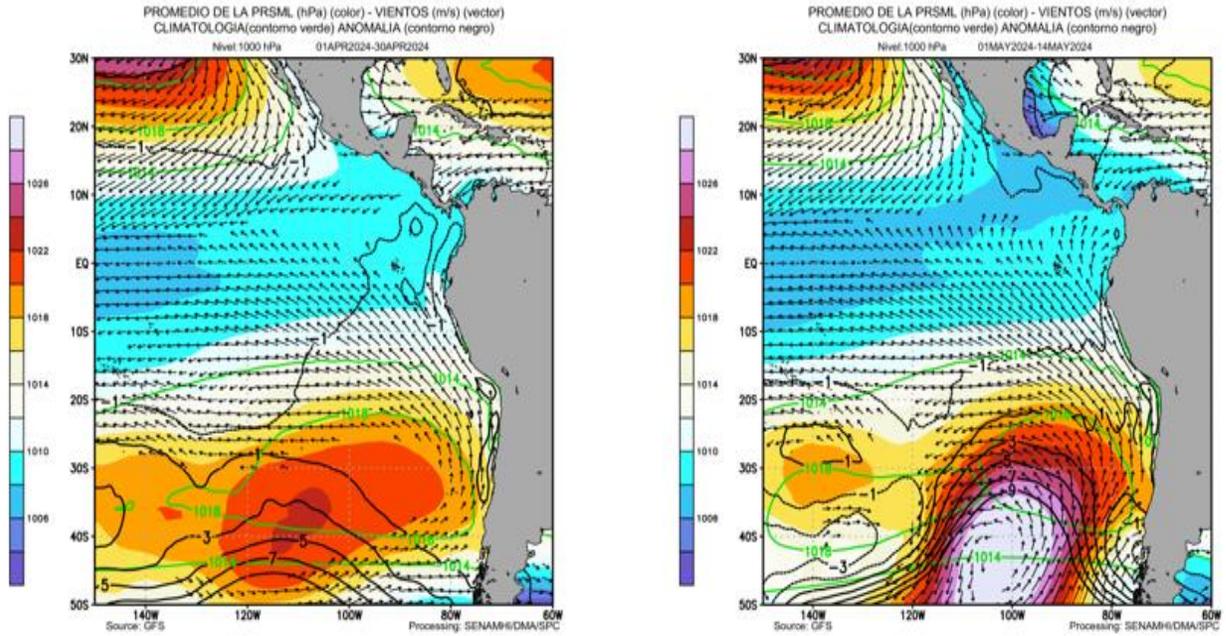


Figura 7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 30 de abril (izq.) y 01 al 14 de mayo (der.) de 2024. Presión promedio en matiz de colores y presión atmosférica climática en línea verde. Anomalía de la presión en líneas negras y anomalías del viento en 850 hPa ($m s^{-1}$) en vectores. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

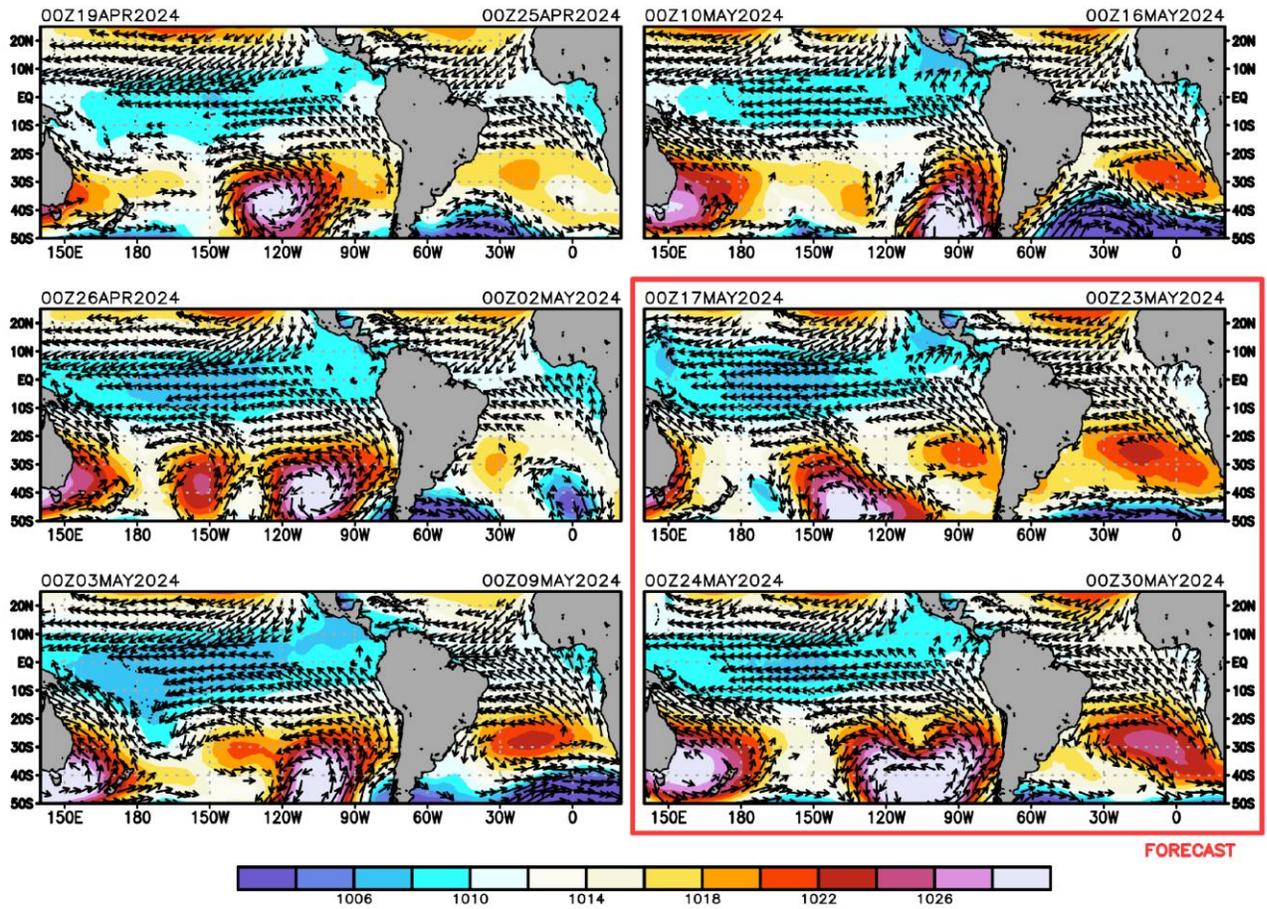


Figura 8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas), del 19 de abril al 16 de mayo de 2024 (retrospectivo) y del 17 al 30 de mayo del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

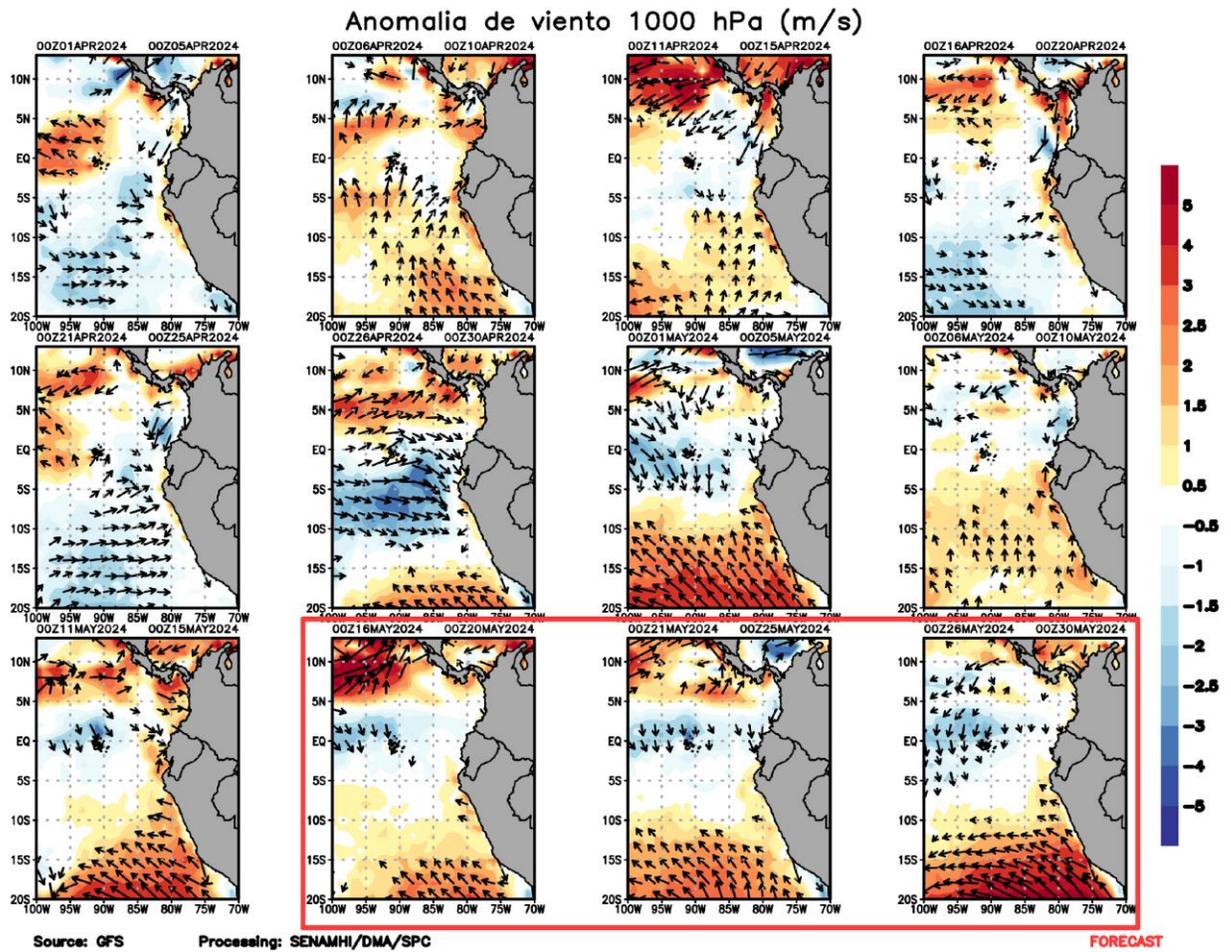


Figura 9. Anomalia pentadal del viento (m s^{-1}) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica, del 19 de abril al 16 de mayo de 2024 (retrospectivo) y del 17 al 30 de mayo del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

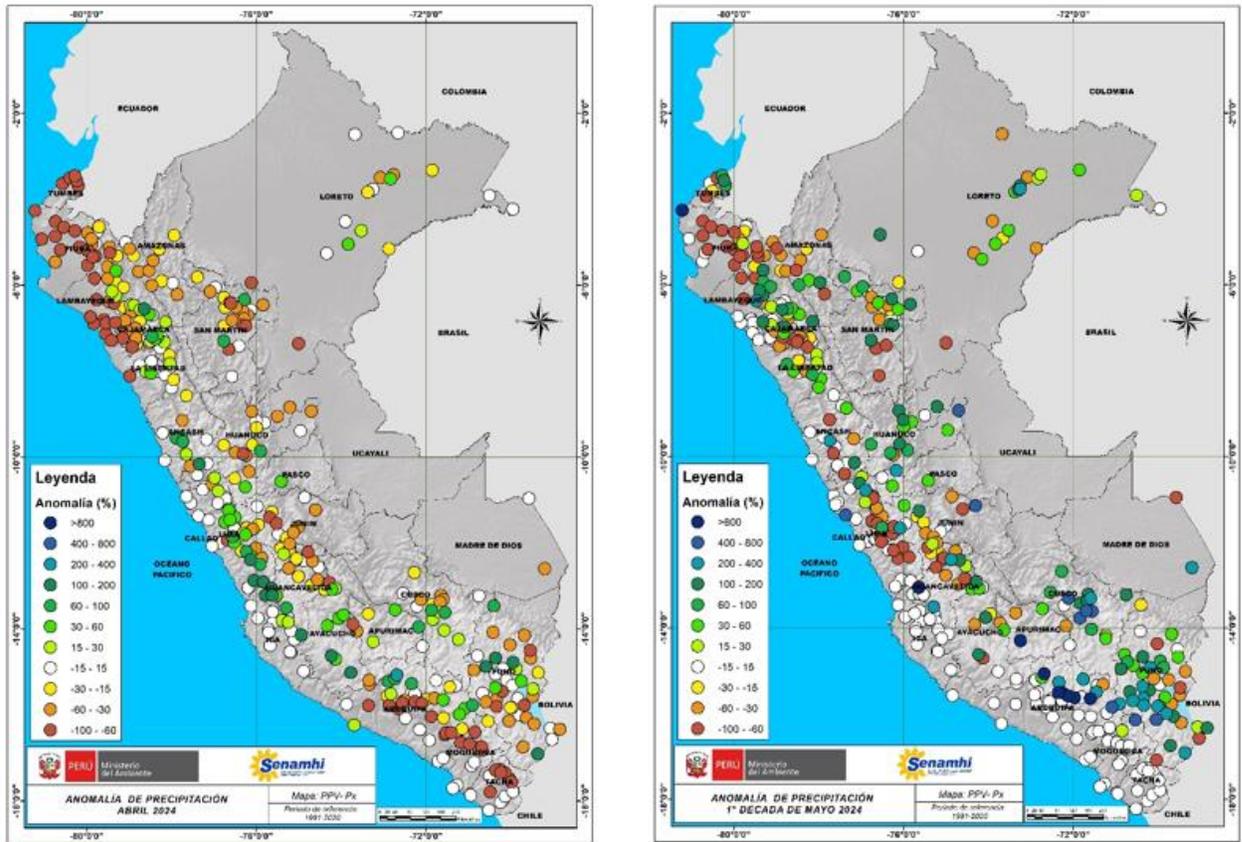


Figura 10. Anomalia mensual de precipitación (%) para el mes de abril (izq.) y 1-10 de mayo (der.) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

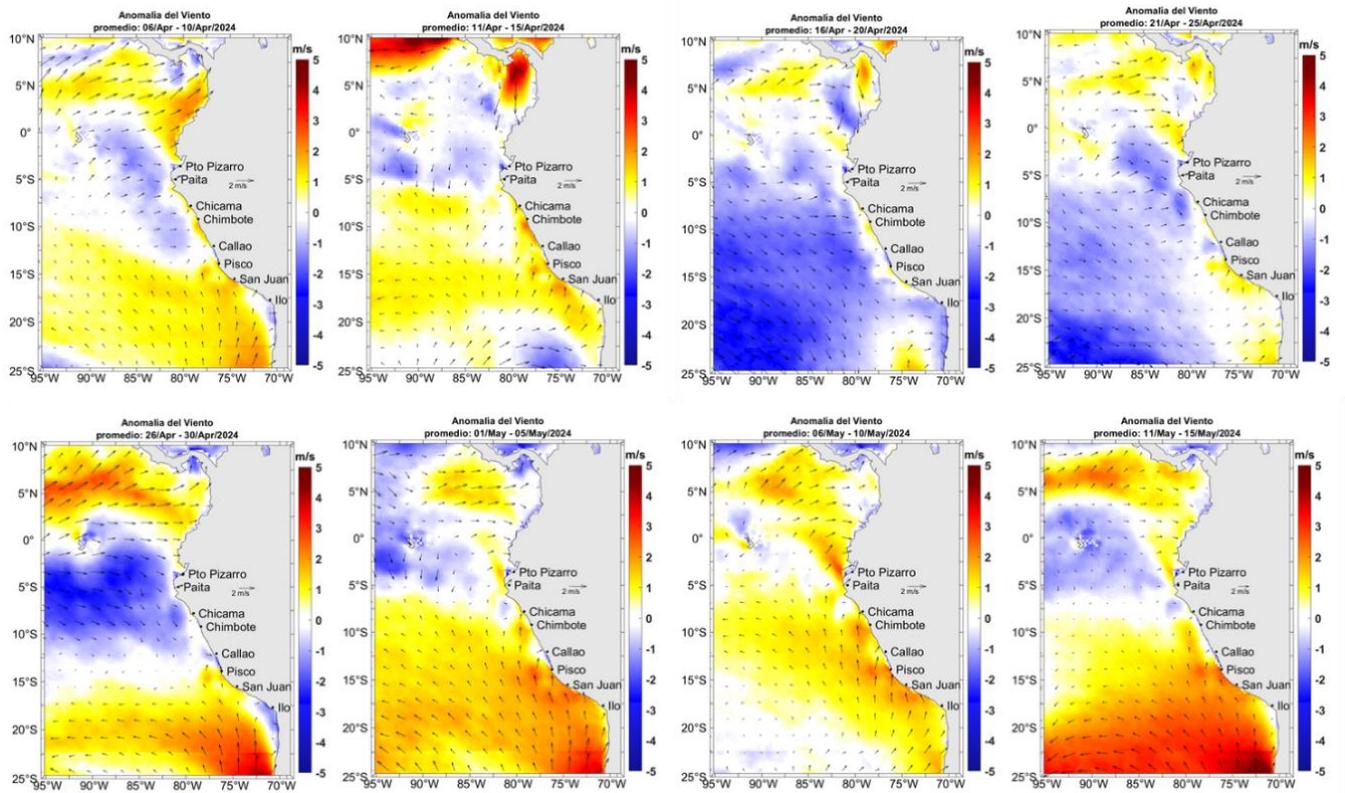


Figura 11. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de enero al 14 de mayo 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

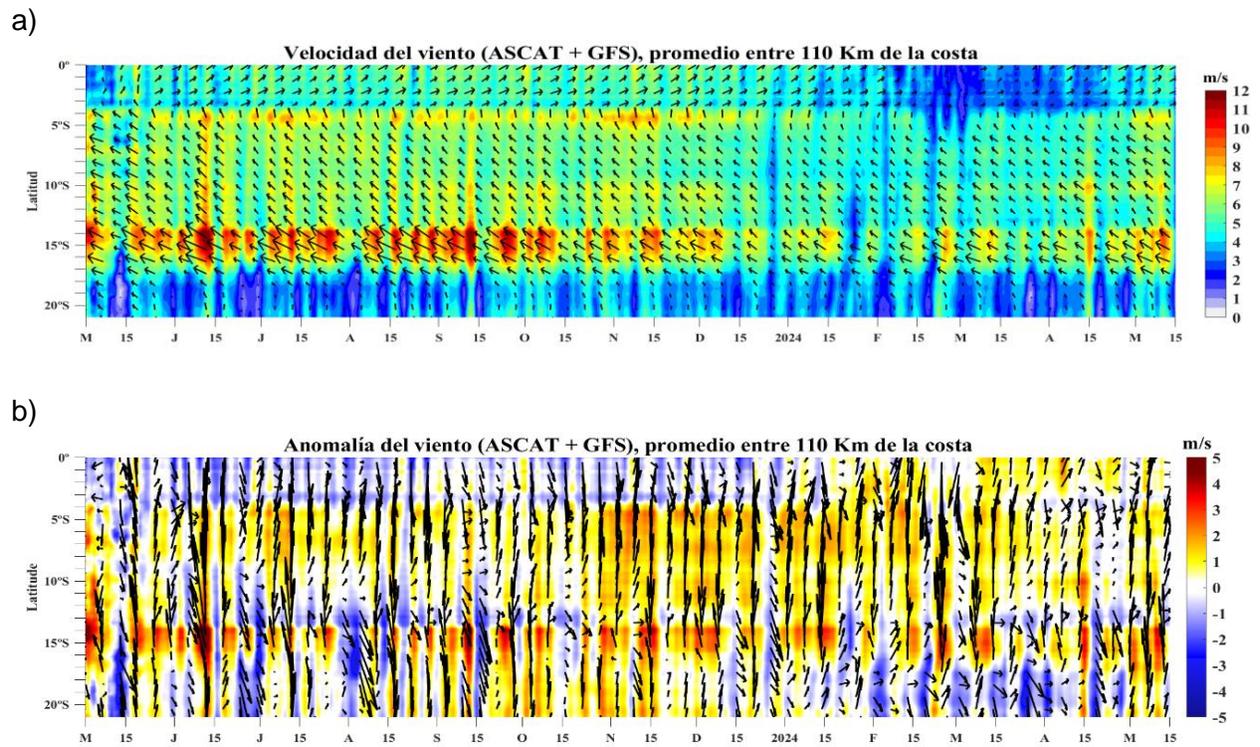


Figura 12. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 14 de mayo.

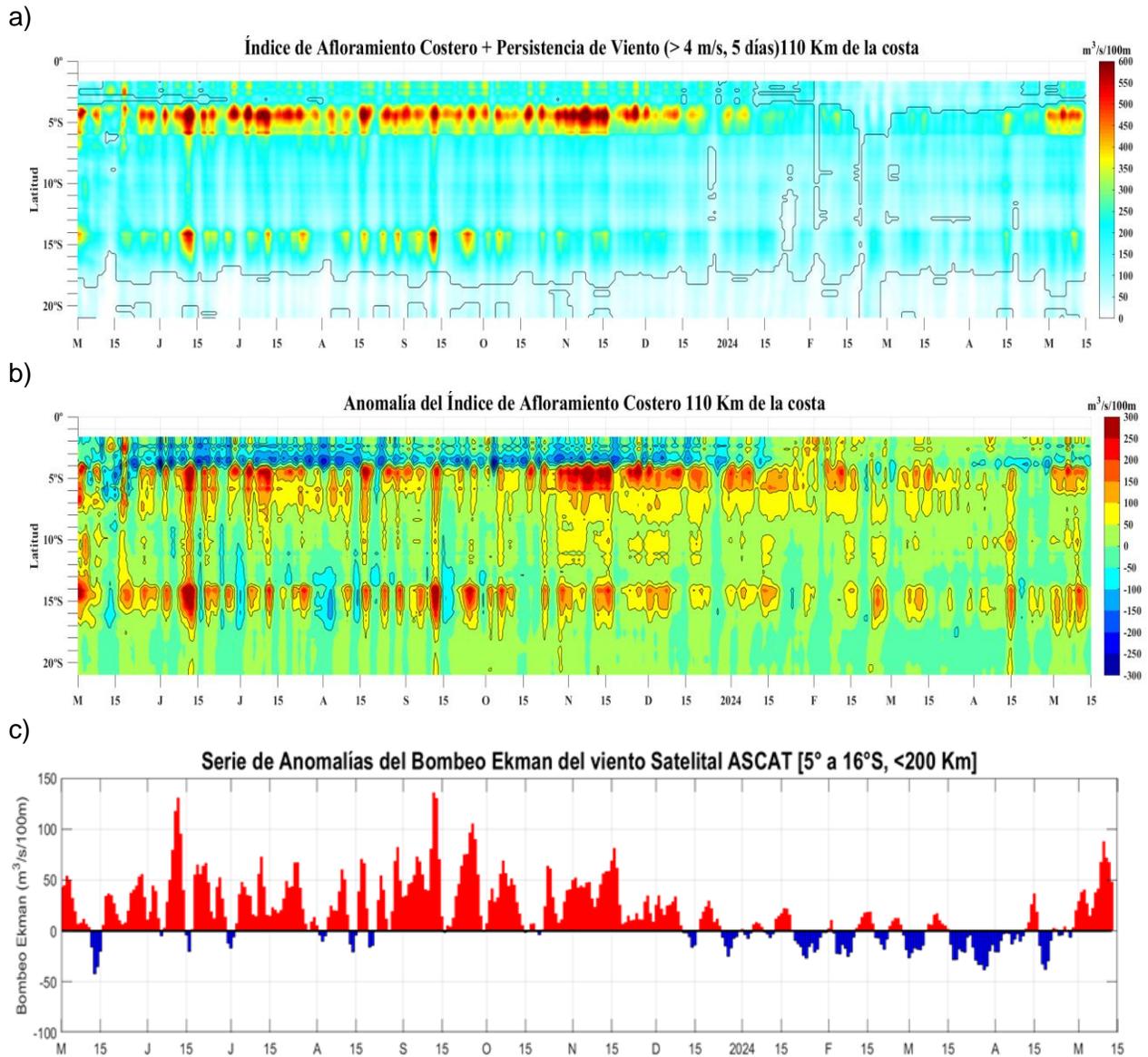


Figura 13. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del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

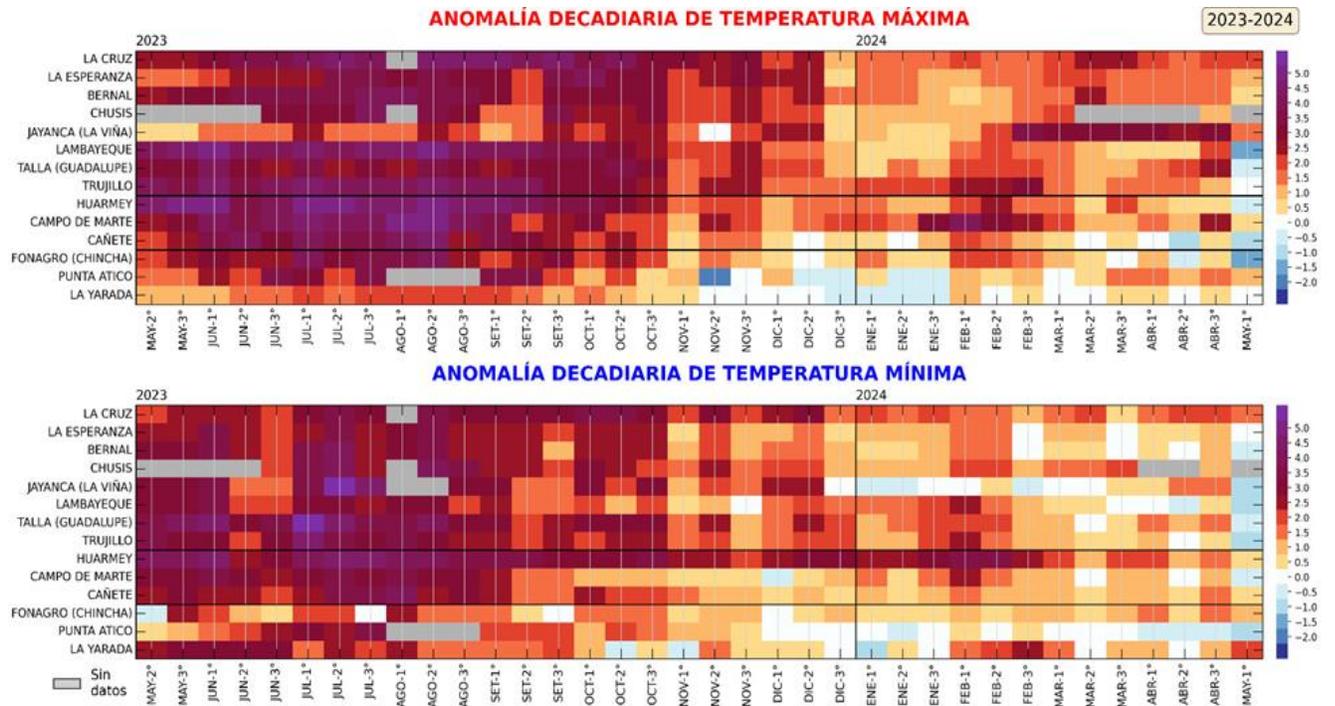


Figura 14. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI

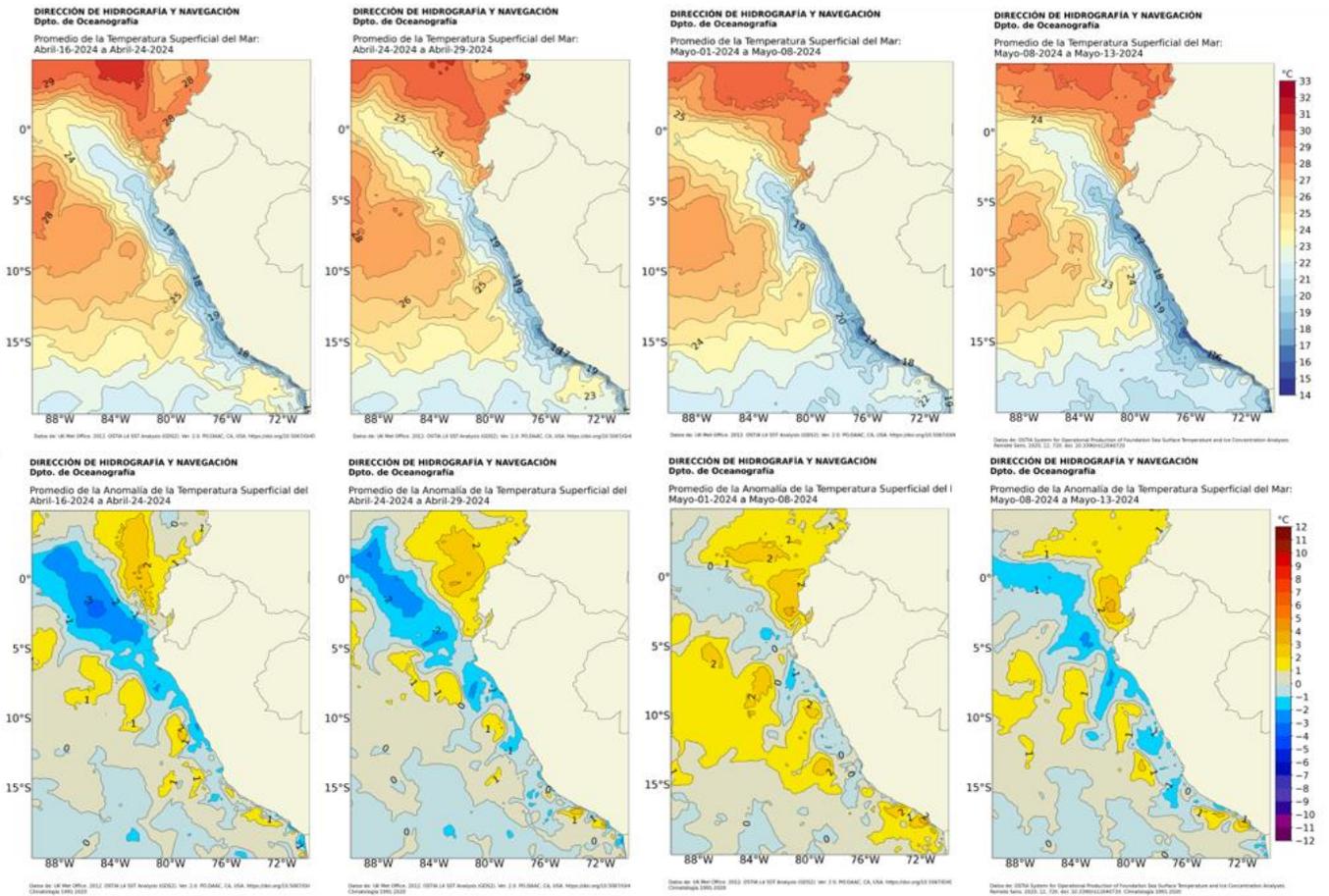
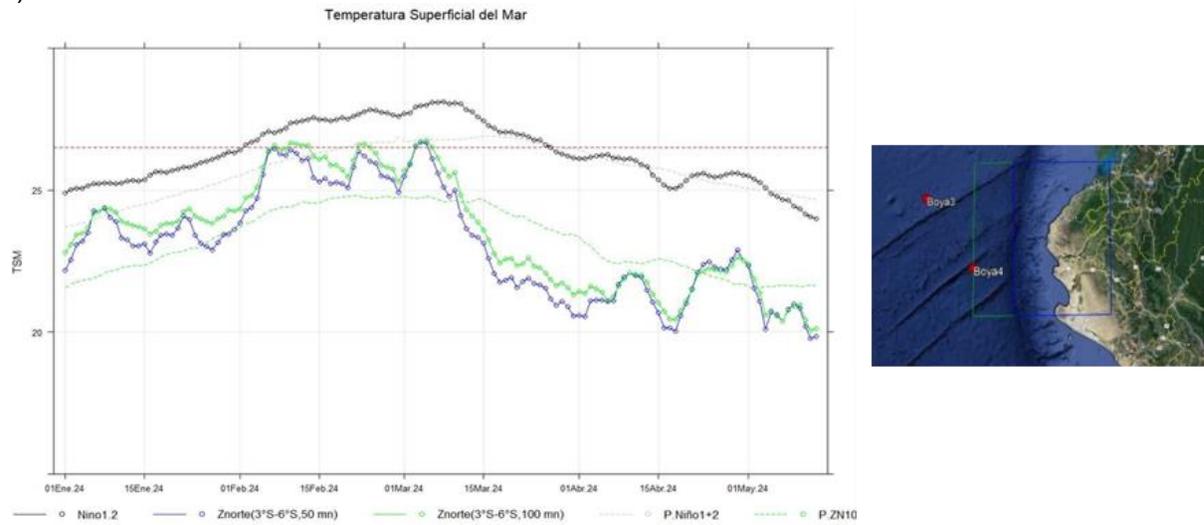


Figura 15. Distribución semanal a) temperatura superficial del mar (TSM) y b) anomalía de la TSM, del 08 de abril 2024 al 13 de mayo 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

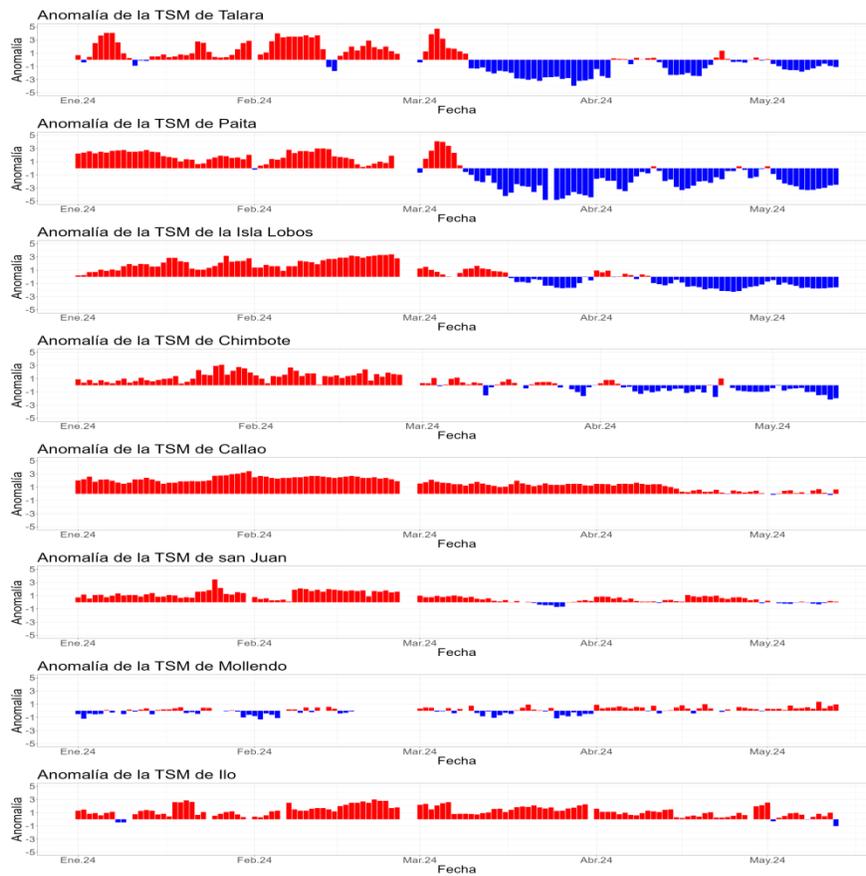


Figura 16. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 13 de mayo 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero a mayo 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

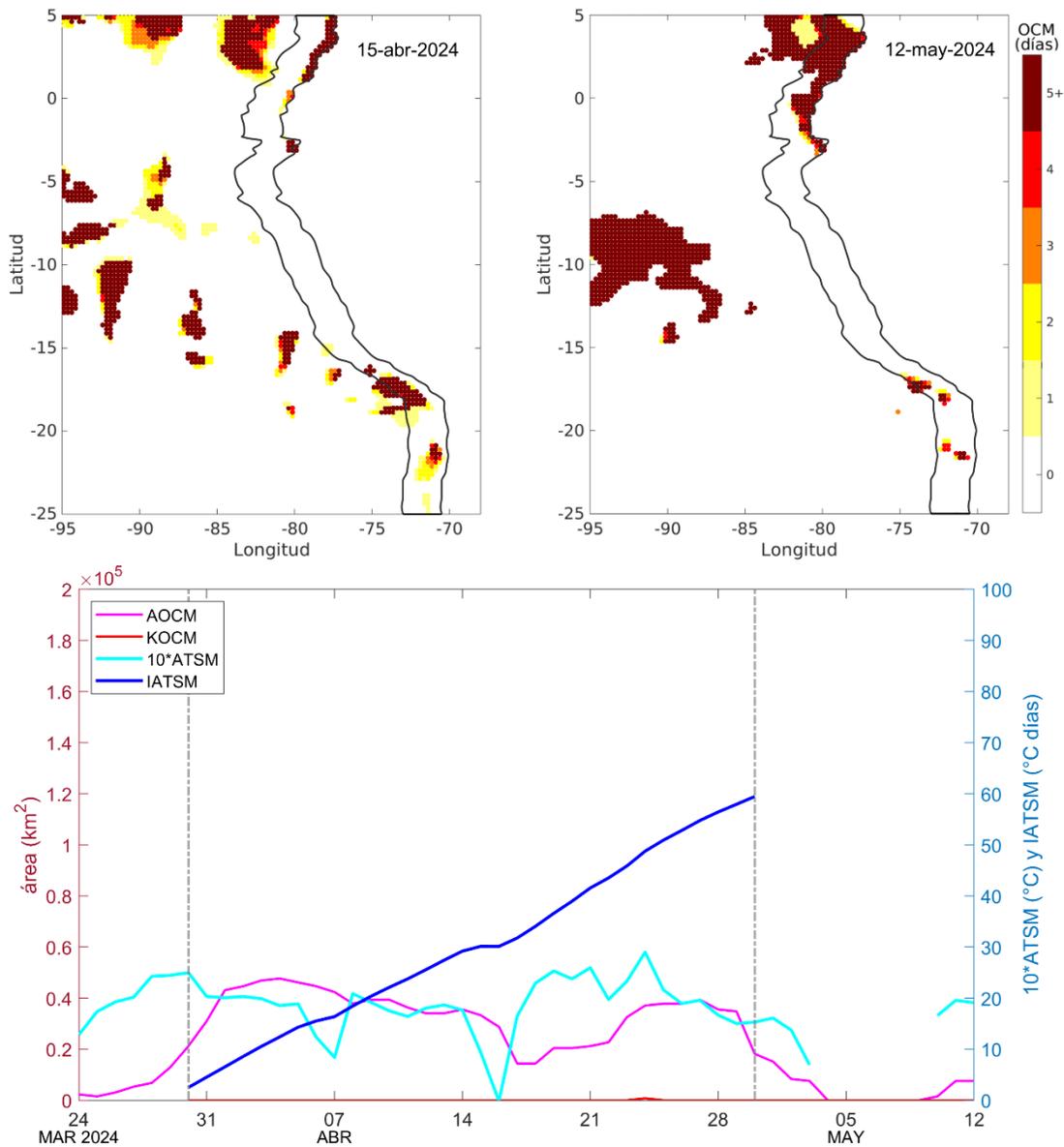
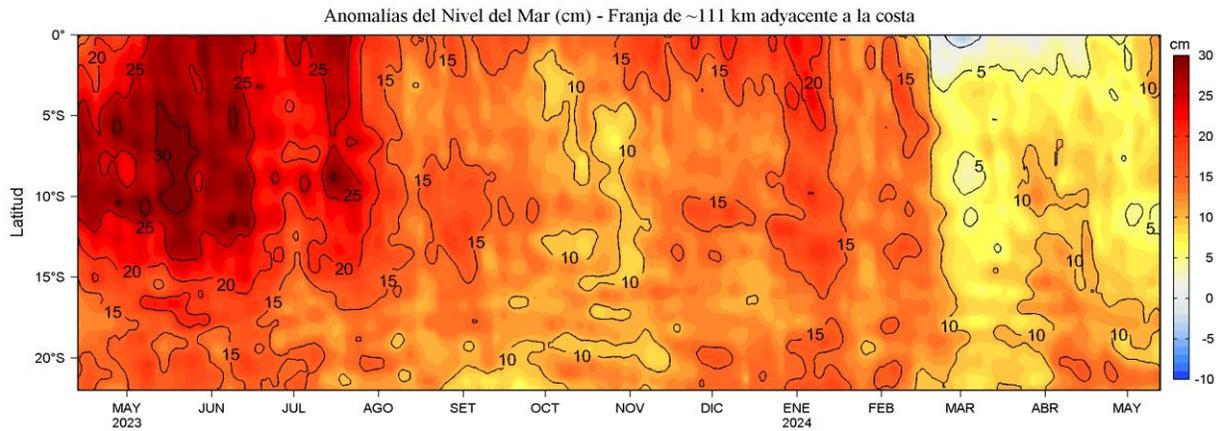


Figura 17. Distribución espacial de la condición de ola de calor marina (OCM) entre los 2°S y 25°S, 70°W y 95°W el 15 de abril del 2024 (a) y el 12 de mayo del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 4°S y 18,5°S, dentro de las 150 mn costeras: área de la extensión de la OCM (AOCM, km²); área de la extensión de la OCM donde la ATSM > +4 °C (KOCM, km²); anomalía diaria de la TSM; y anomalía acumulada (IATSM; °C x días). La OCM inició el 30 de marzo del 2024 y finalizó el 30 de abril, alcanzando una duración de 32 días y una anomalía acumulada de 59,45 °C días. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

a)



b)

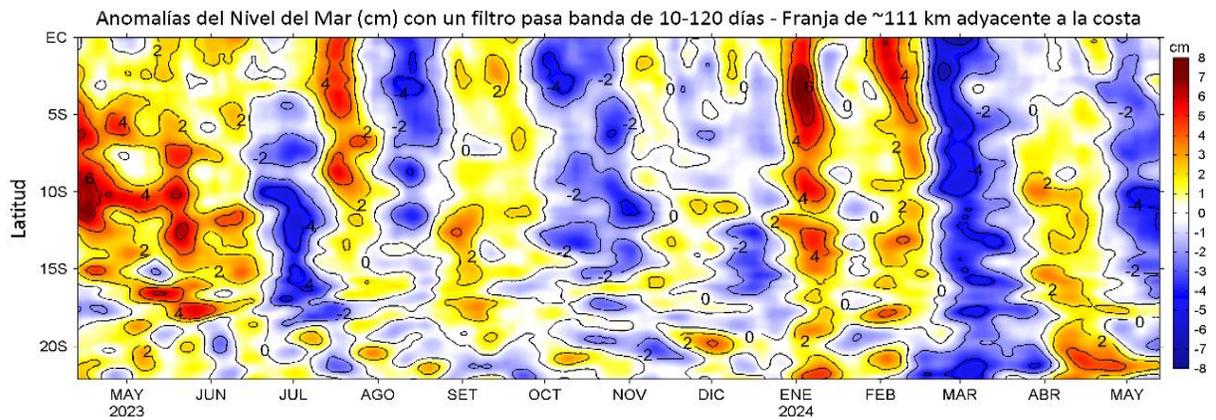


Figura 18. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 14 de mayo del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

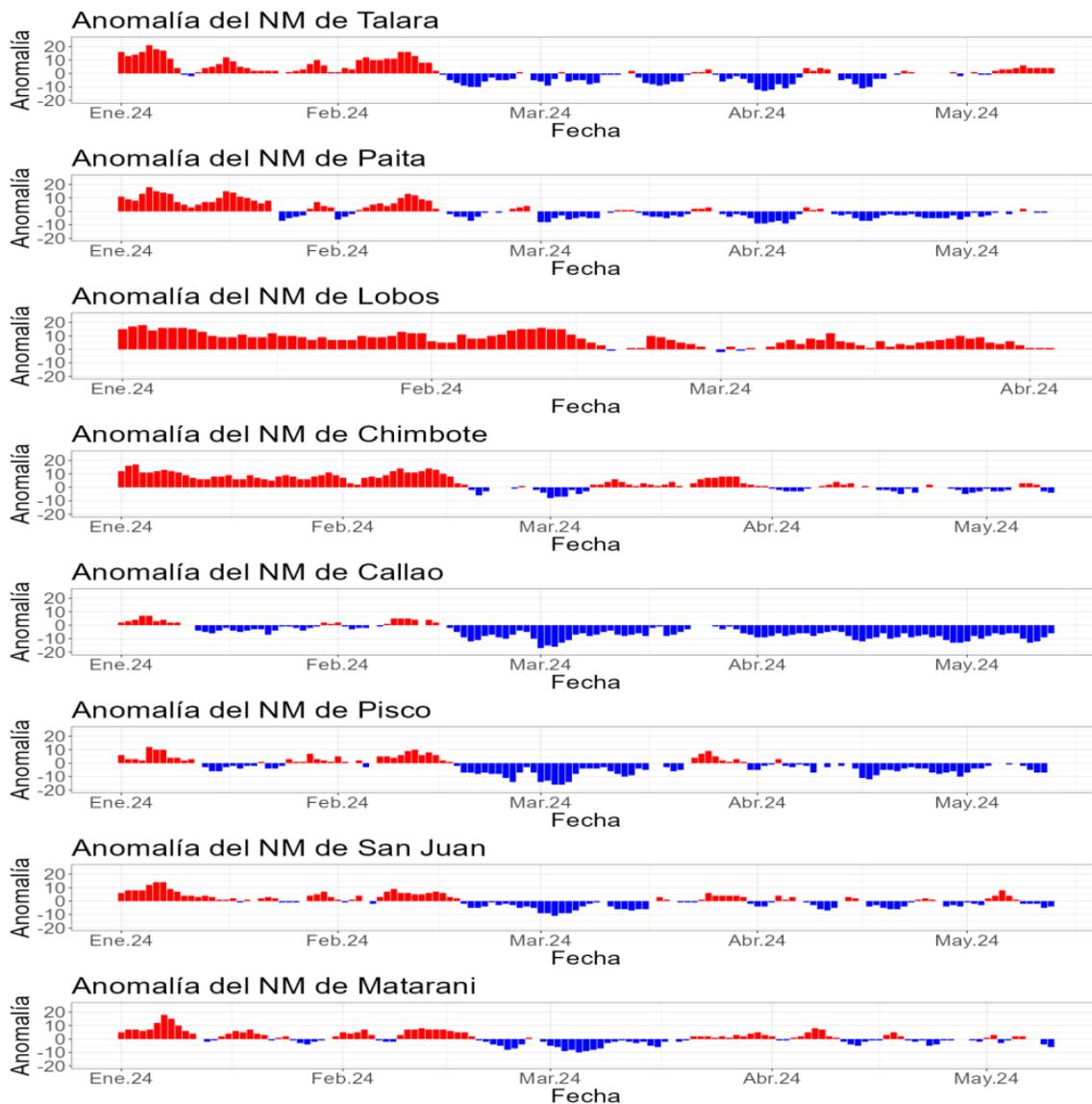
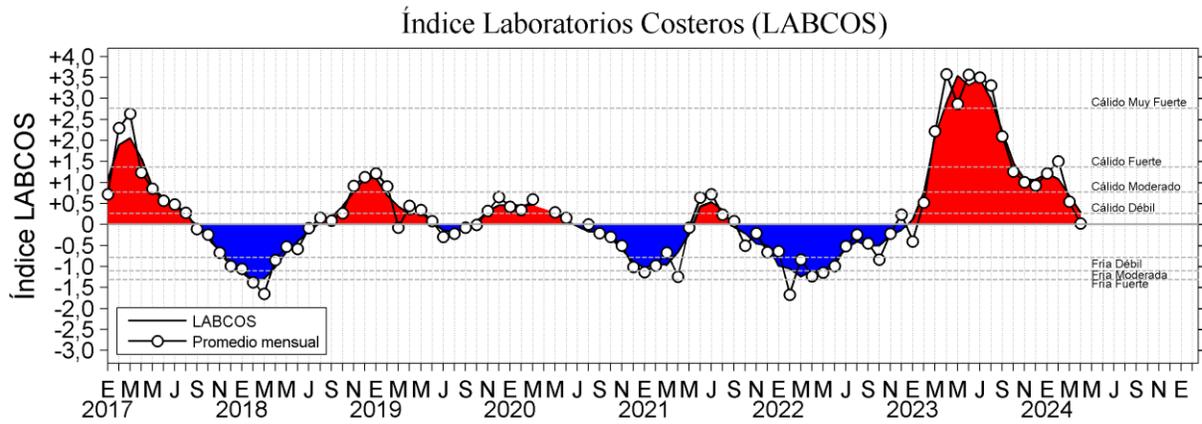


Figura 19. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de enero a mayo 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

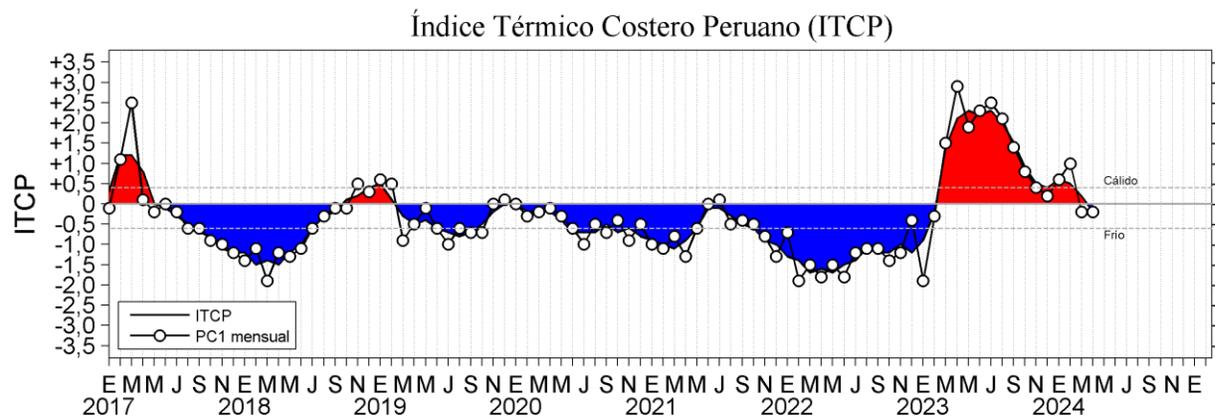


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a mayo 2024.

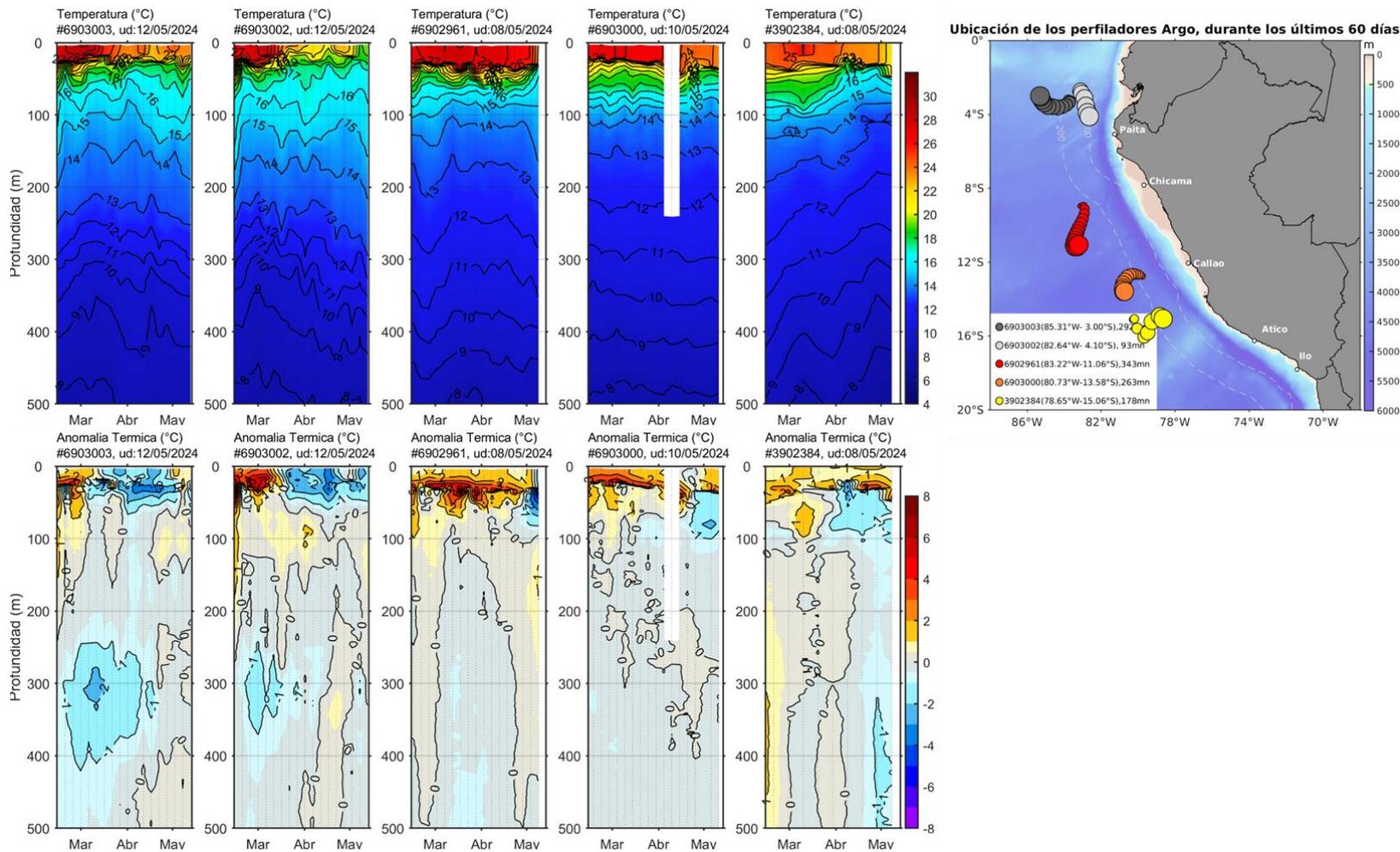


Figura 21. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (mayo 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

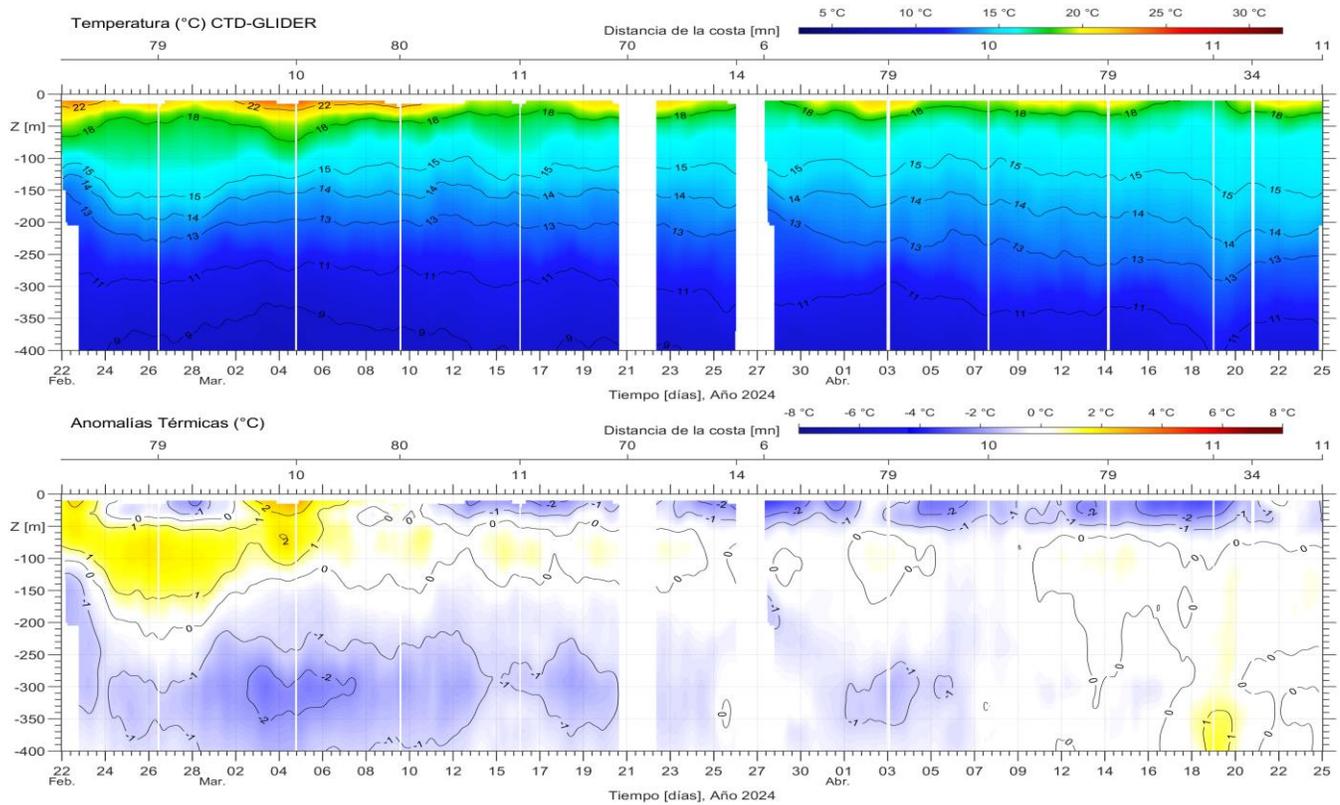
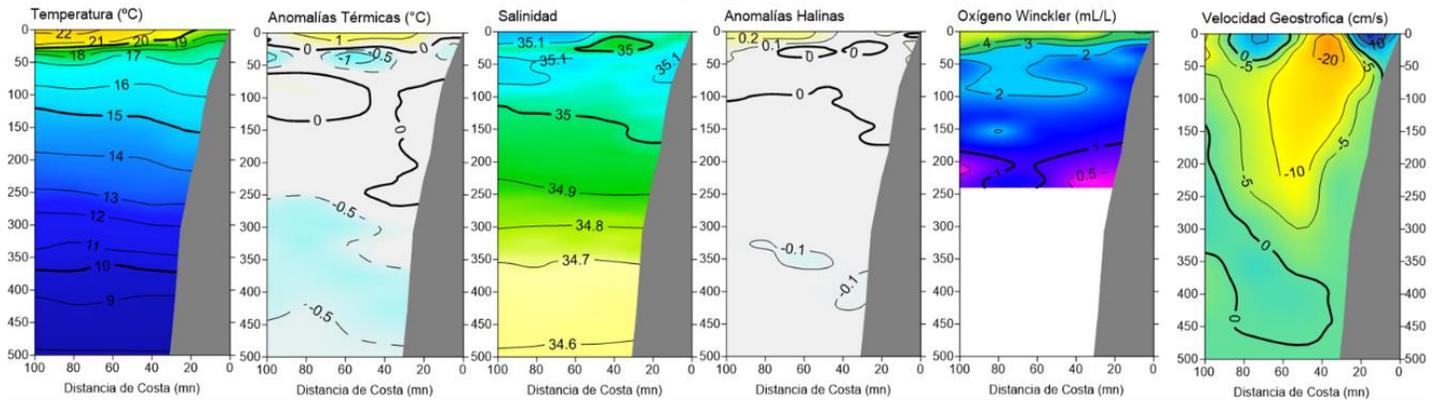


Figura 22. Diagrama Hovmöller de la temperatura (°C, panel de arriba) y de la anomalía térmica (°C, panel de abajo) en la columna de agua registradas por el glider Mochica en despliegues realizados frente a Negritos – Talara, entre el 22 de febrero al 25 de abril del 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente: IMARPE.

SECCIÓN PAITA (01- 02 mayo del 2024)



SECCIÓN CHICAMA (29 de abril del 2024)

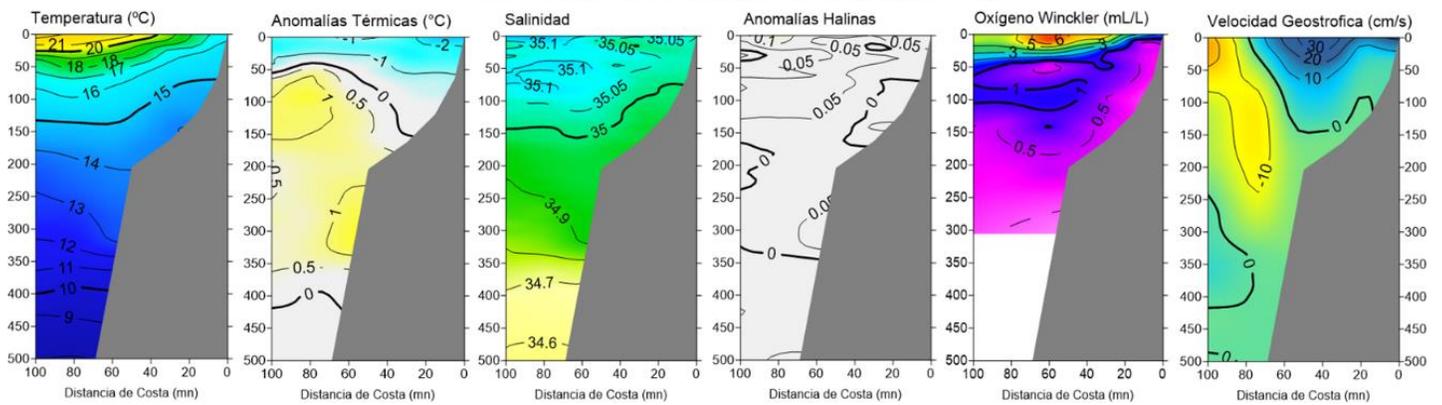


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 29 de abril y 02 de mayo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

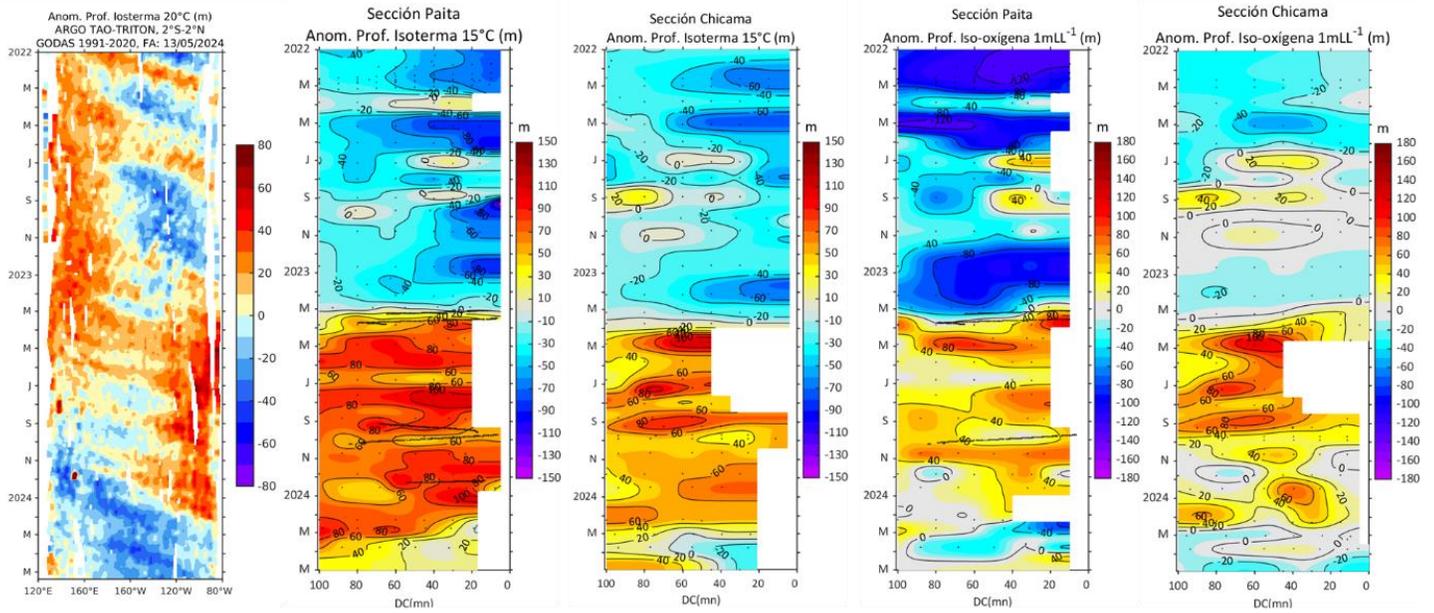


Figura 24. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los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

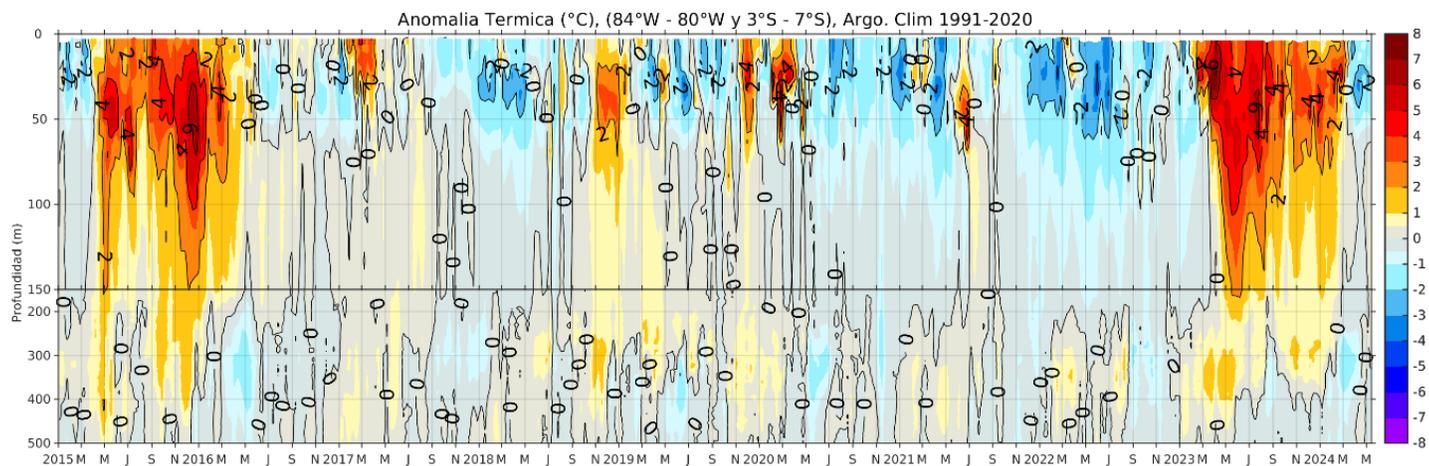
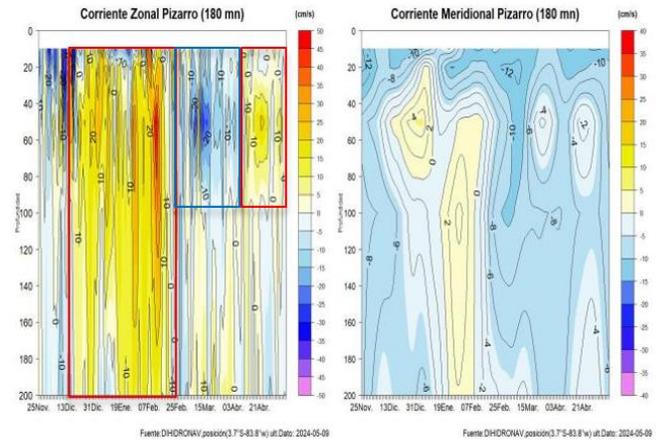
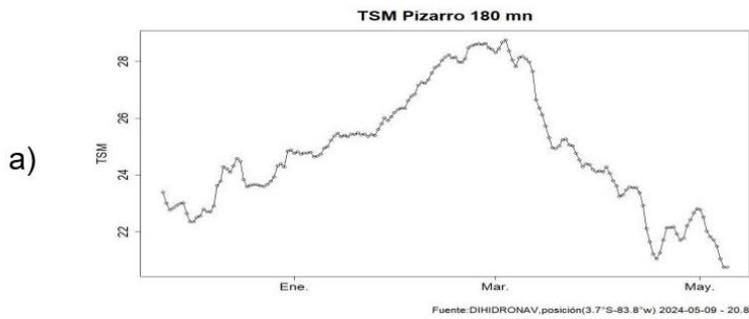


Figura 25. Variabilidad temporal de la anomalía térmica promedio en la misma caja; climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.



d)

e)

Figura 26. Serie de la a) temperatura superficial del mar, b) anomalía de la temperatura superficial del mar; d) corriente zonal y e) corriente meridional para la boya NAYLAMP 3 (a 180 mn de Puerto Pizarro). Periodo: 25 de noviembre 2023 a 09 de mayo 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

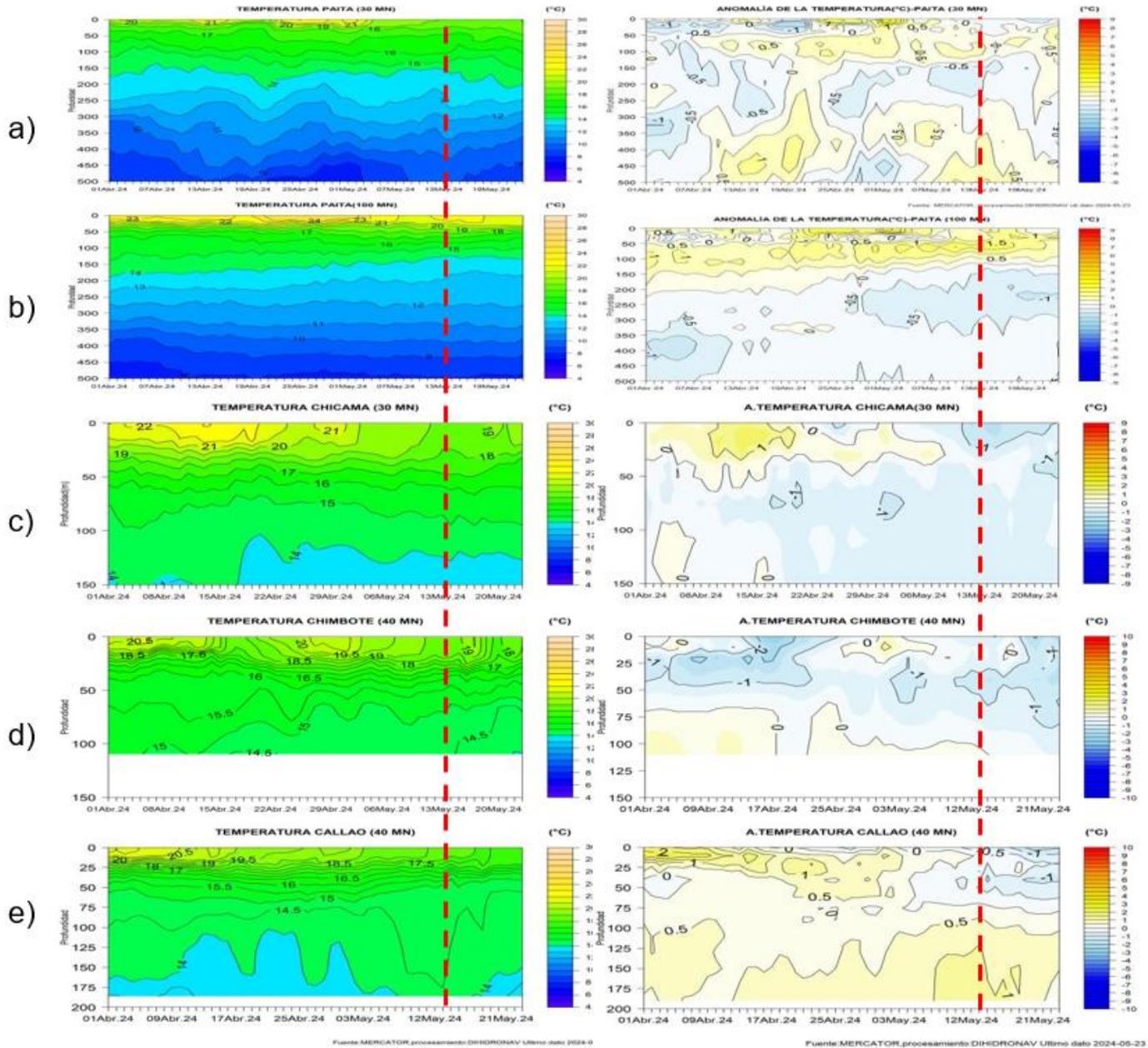


Figura 27. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30 mn), d) Chimbote (40 mn) y e) Callao (40 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

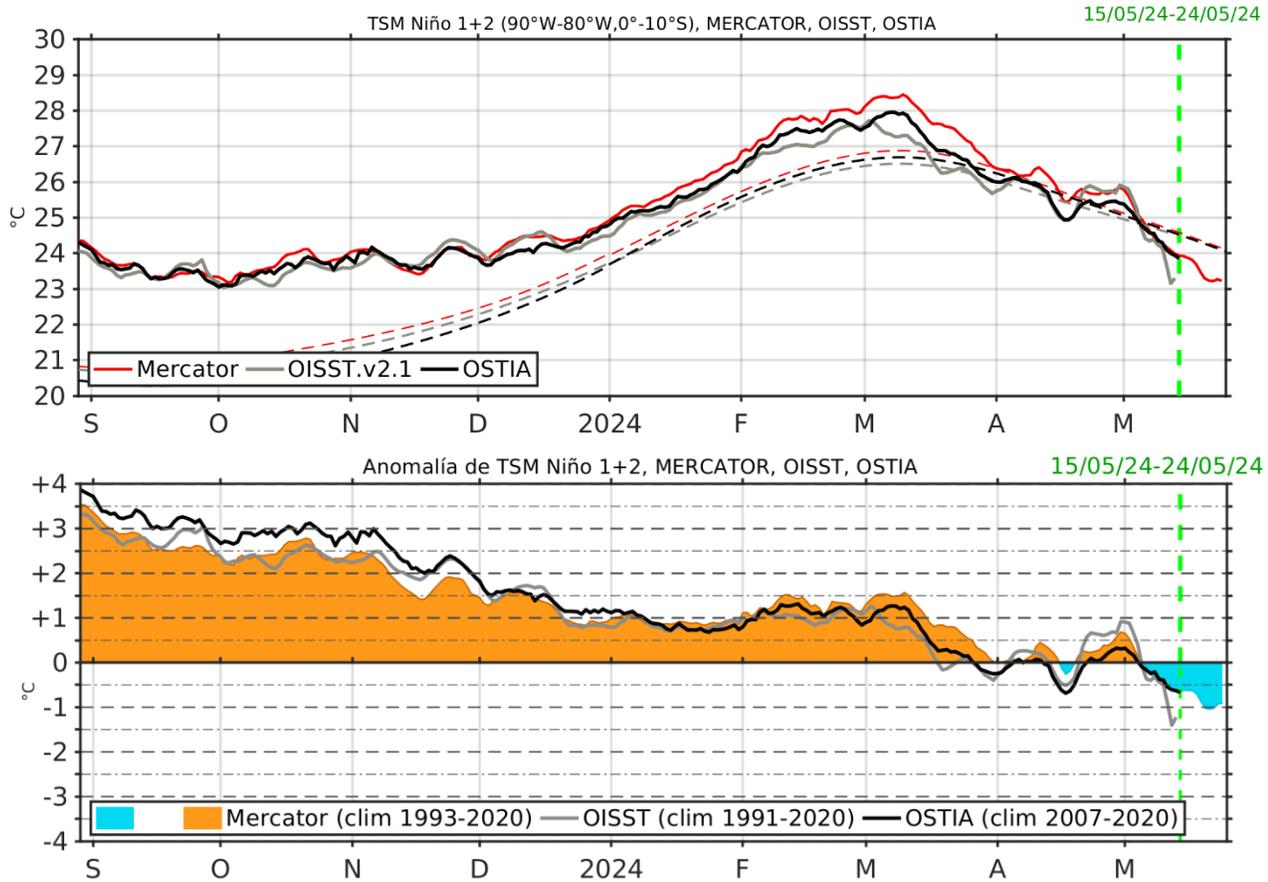


Figura 28. Temperatura superficial del Mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercador (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

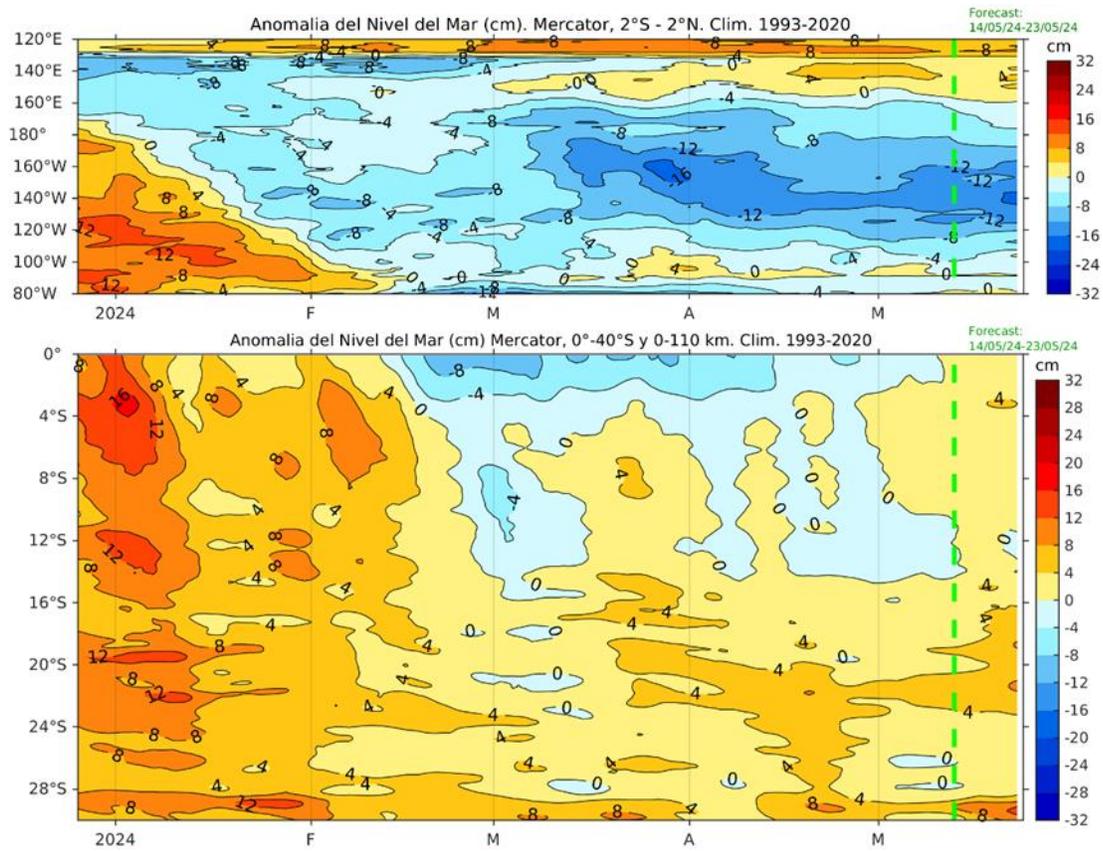


Figura 29. Anomalia de Nivel del Mar en el Pacifico Ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

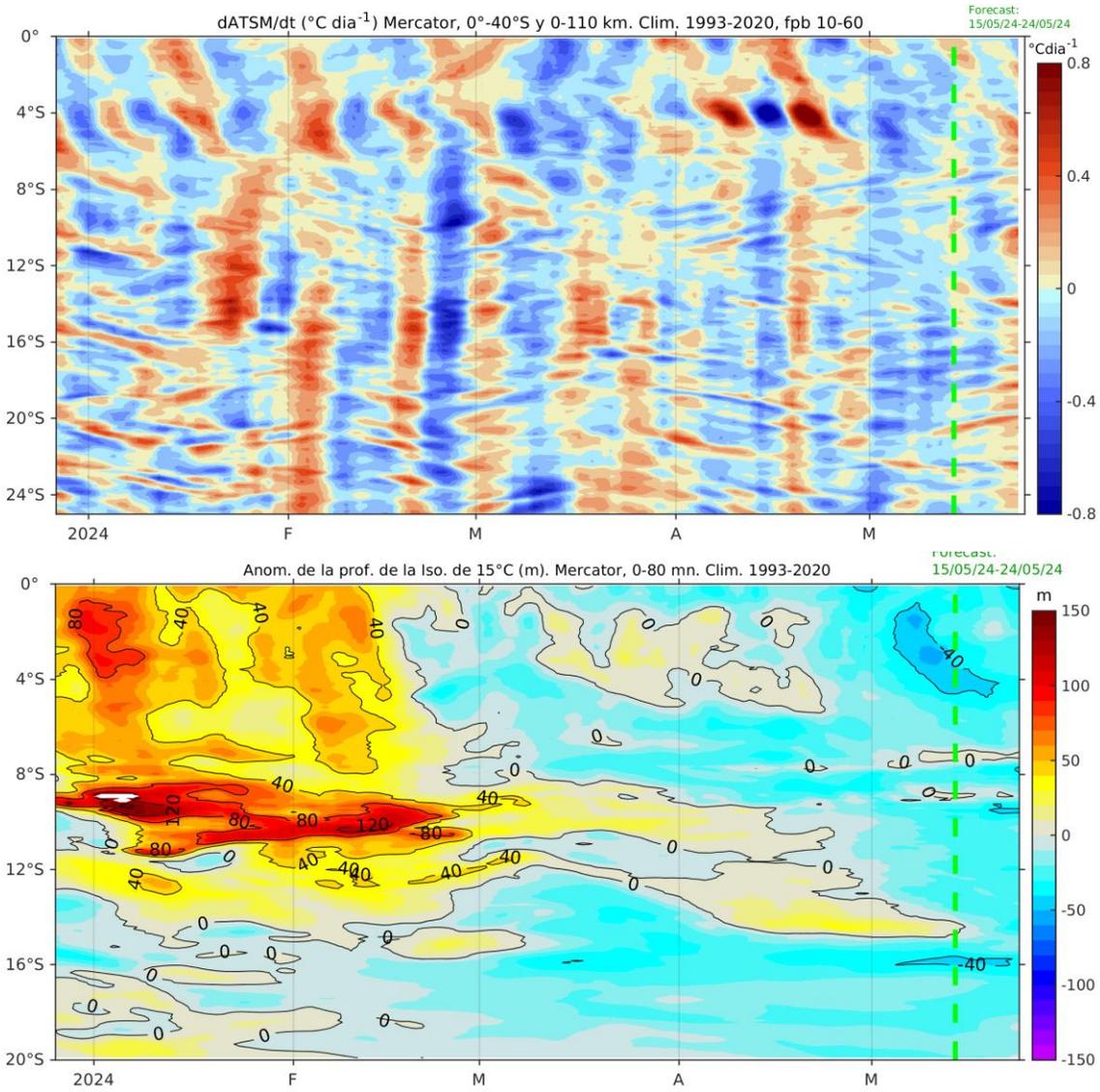
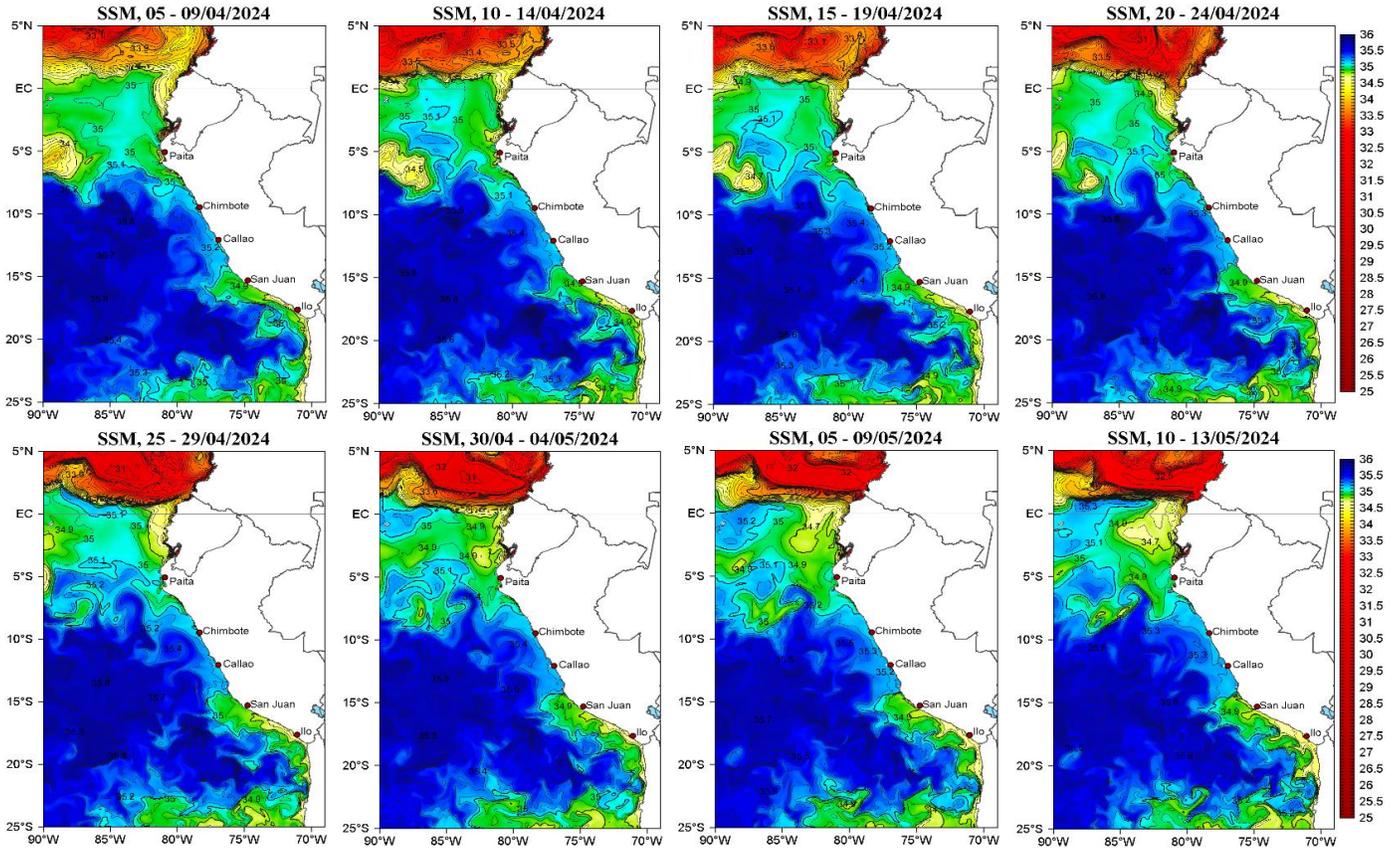


Figura 30. Anomalía de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

a)



b)

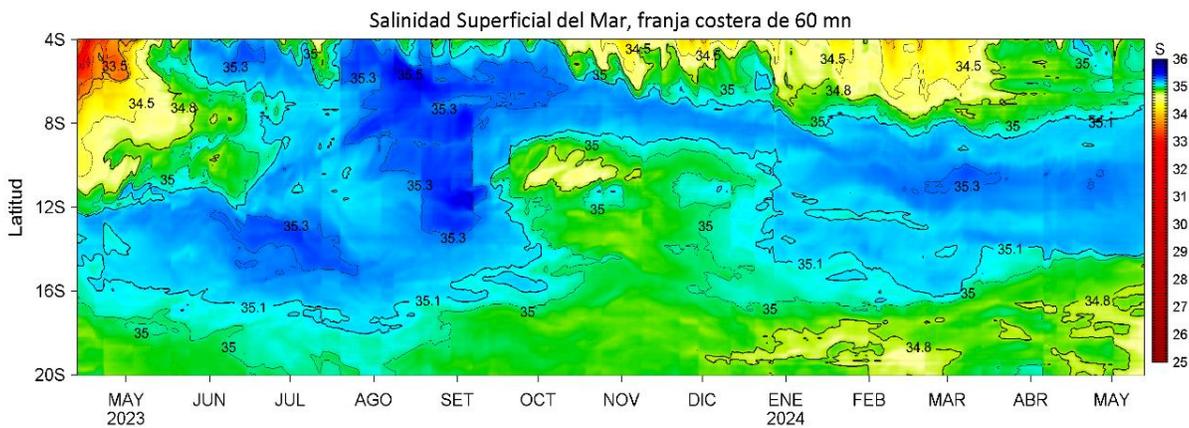


Figura 31. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 05 de abril y 13 de mayo 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 13 de mayo 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et 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: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

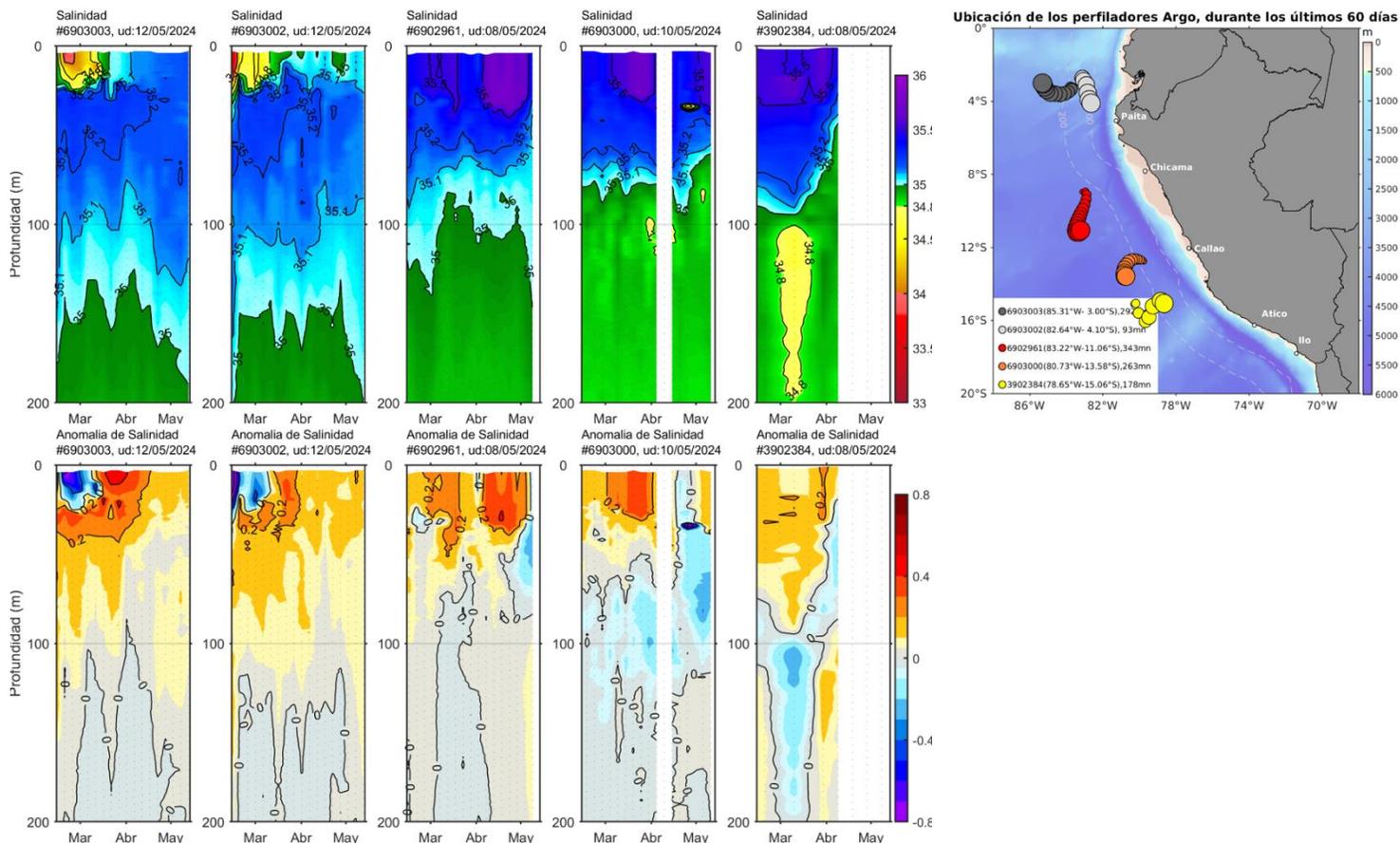


Figura 32. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

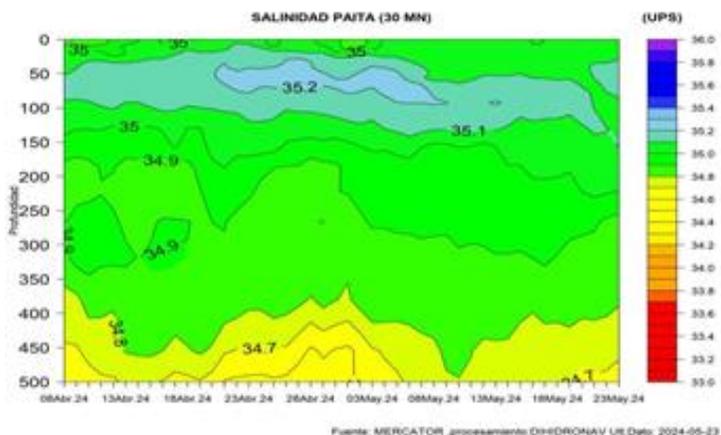


Figura 33. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500m de profundidad frente Paita (30 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

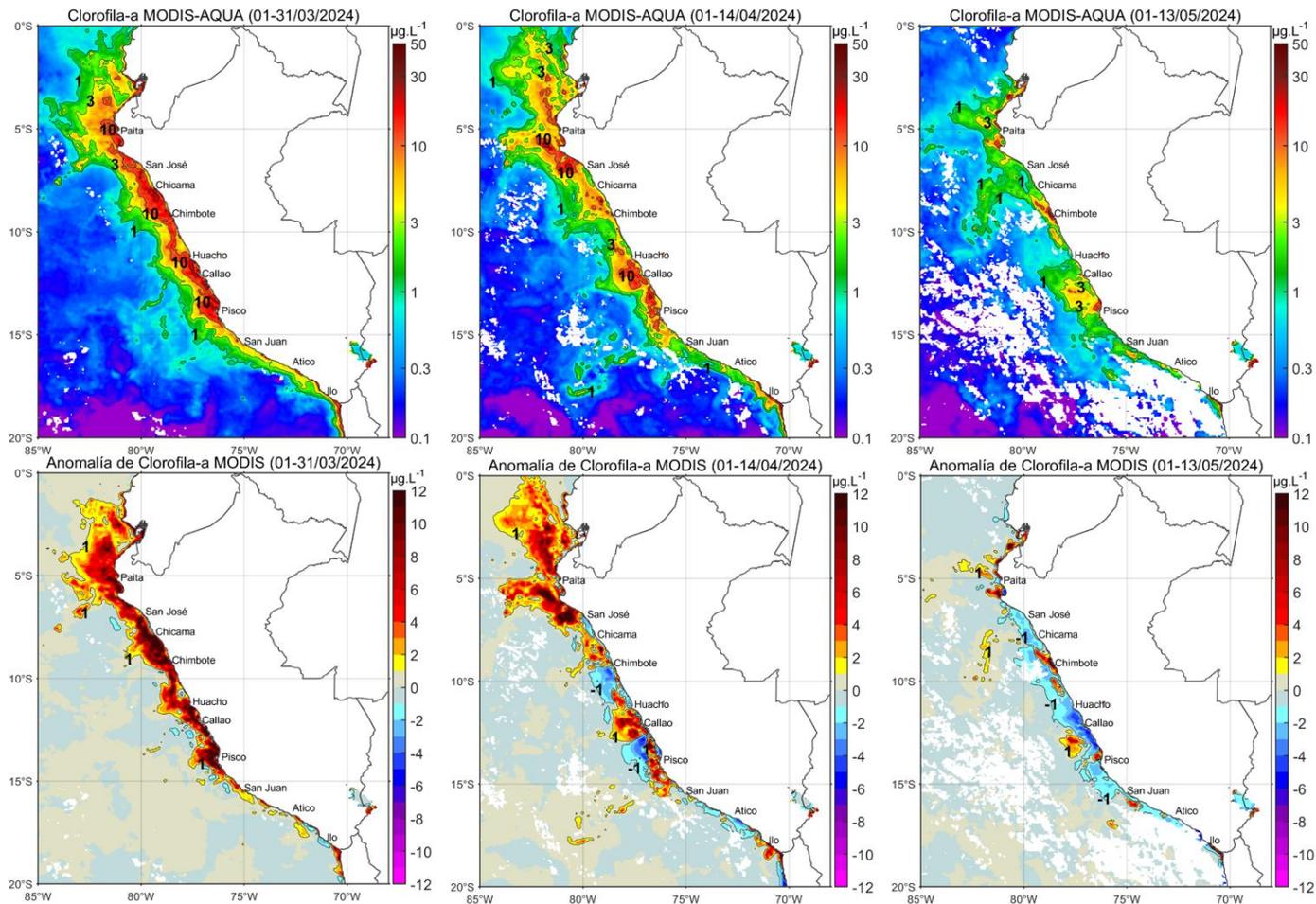


Figura 34. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, marzo, abril y del 1 al 13 mayo de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

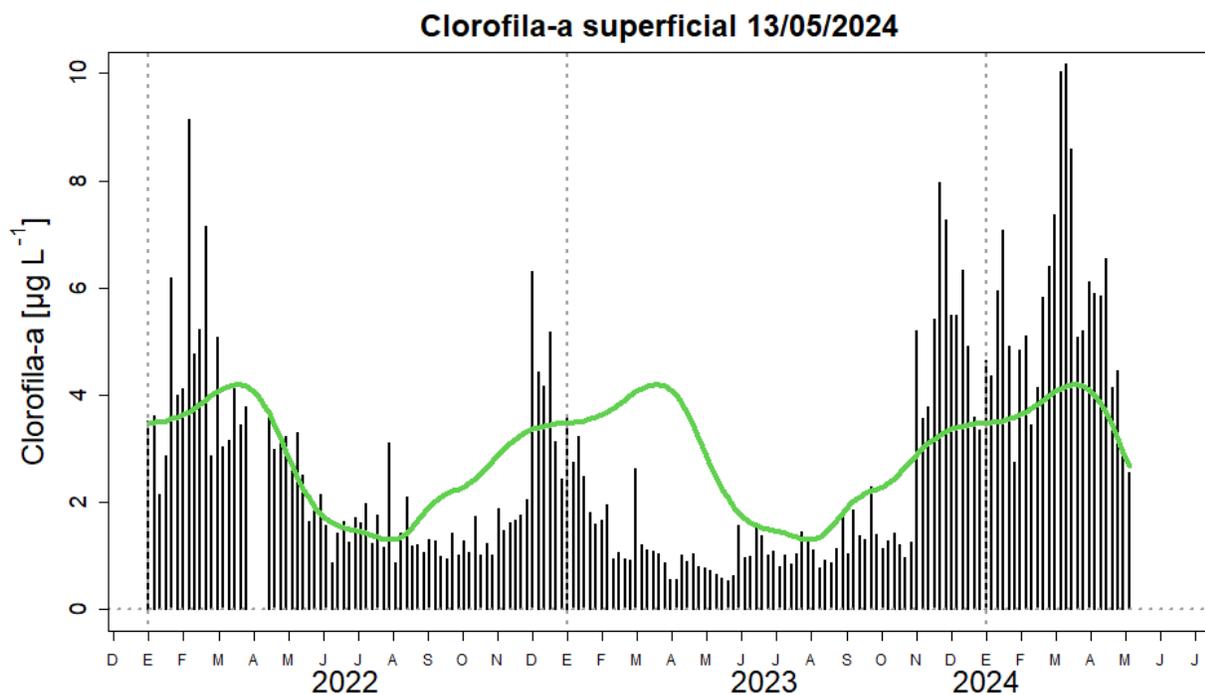


Figura 35. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

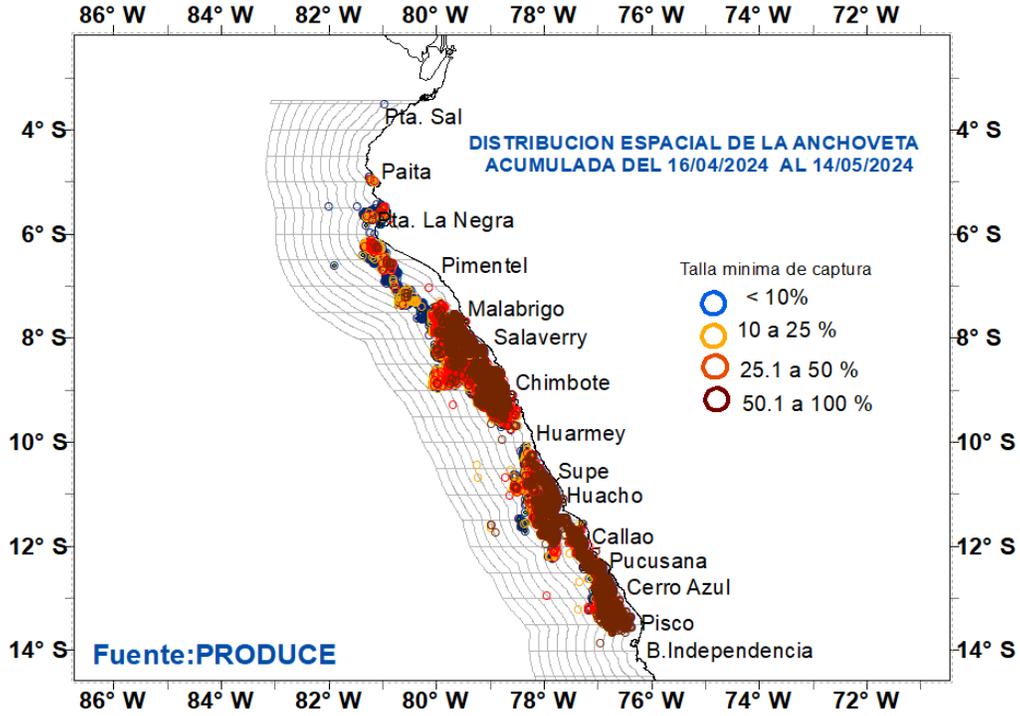


Figura 36. Distribución espacial de la anchoveta según porcentajes de tallas mínima de captura (< 12,0 cm LT), parte de la flota de cerco industrial, durante la Primera temporada de pesca de la región norte-centro 2024.

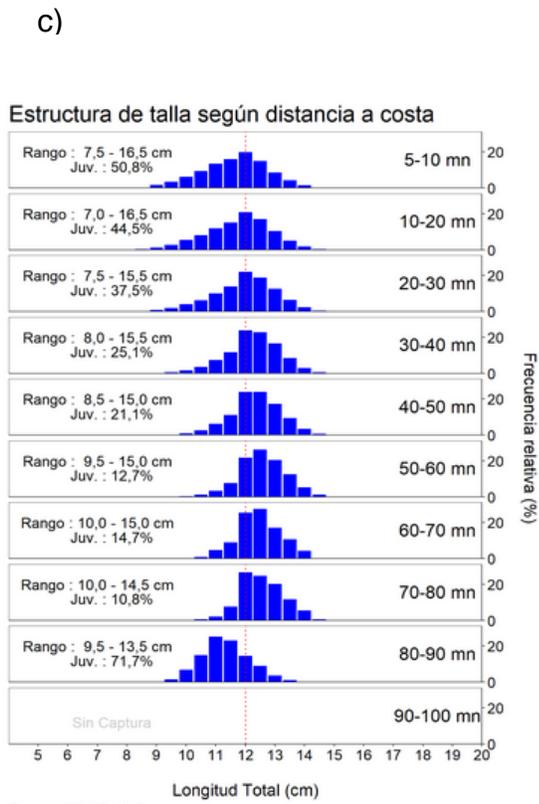
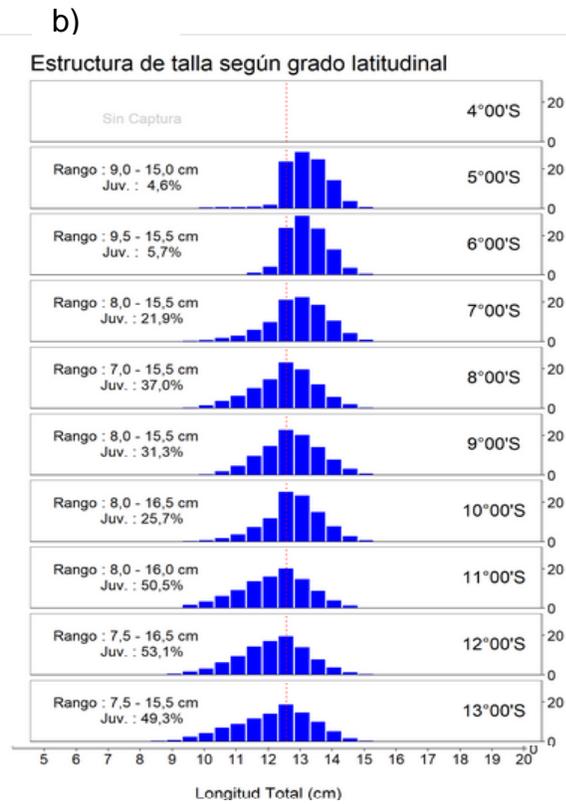
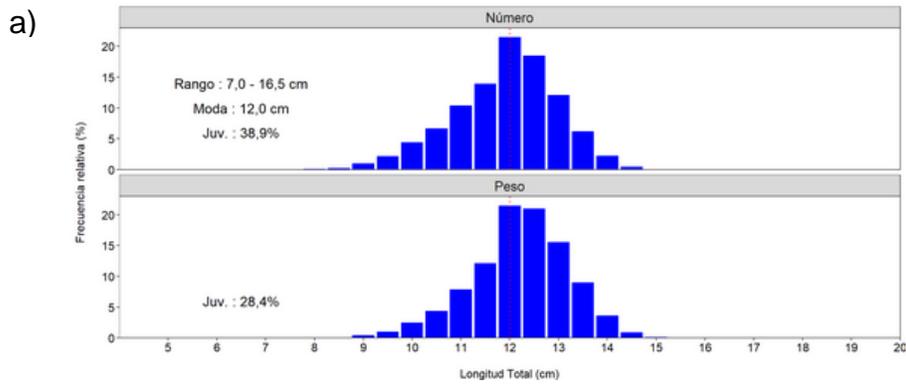


Figura 37. Estructura de tallas de anchoveta a) total, b) según grado latitudinal y c) según distancia de la costa durante la Primera temporada de pesca de la región Norte – Centro 2024.

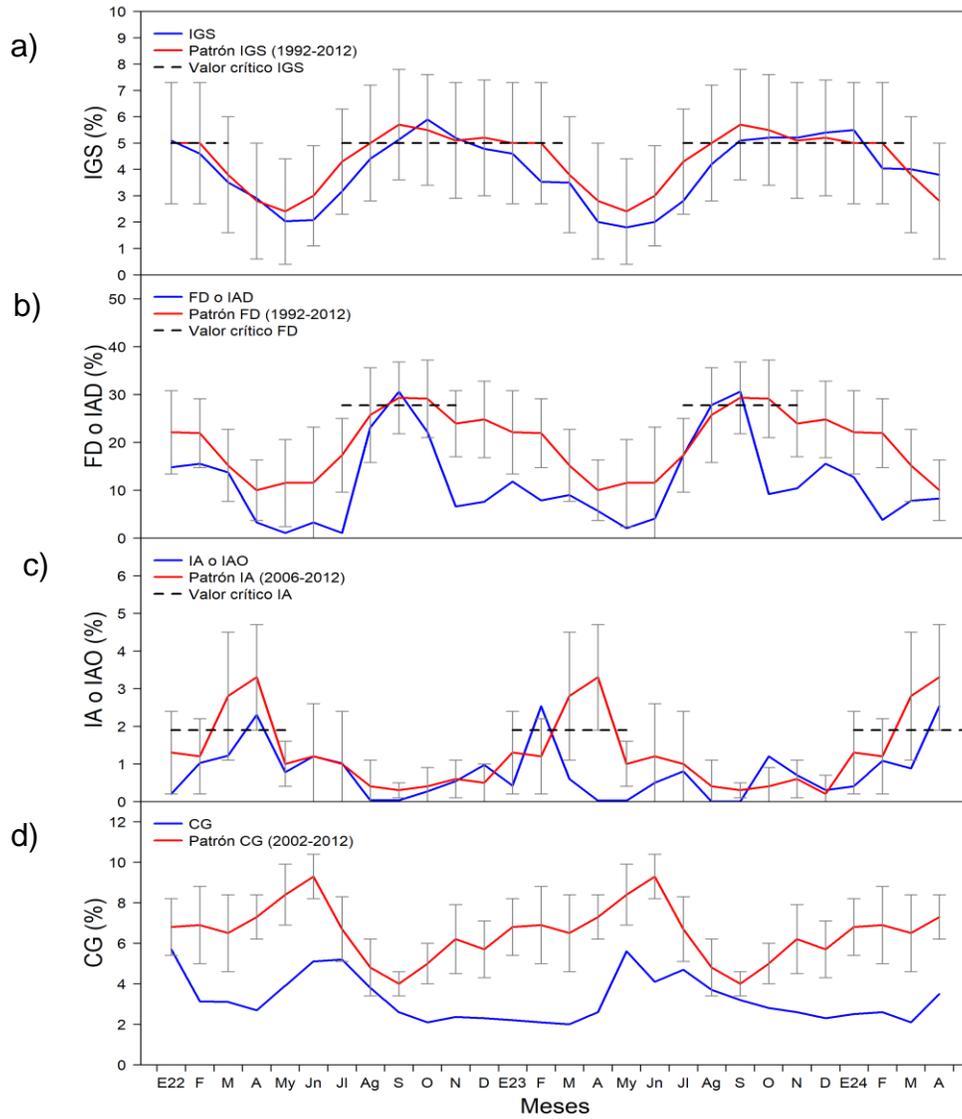


Figura 38. Indicadores reproductivos: a) Índice Gonadosomatico (IGS), b) Fracción Desovante (FD), c) Índice de Atresía (IA) y de condición somática d) Contenido graso (CG) de anchoveta *E.ringens* de la región Norte-Centro, de enero del 2022 a abril 2024.

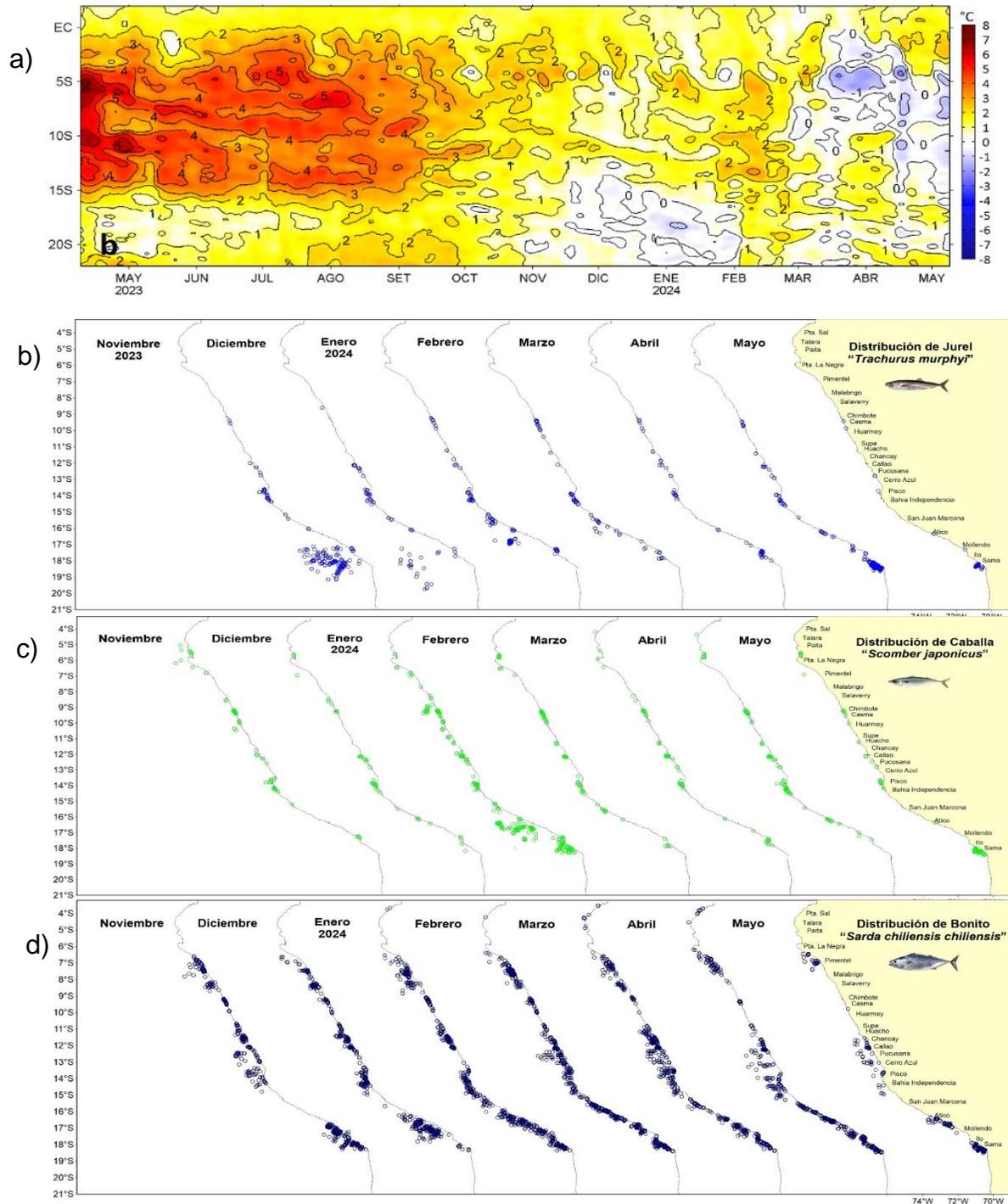


Figura 39. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) jurel, c) caballa y d) bonito durante noviembre 2023 – mayo 2024.

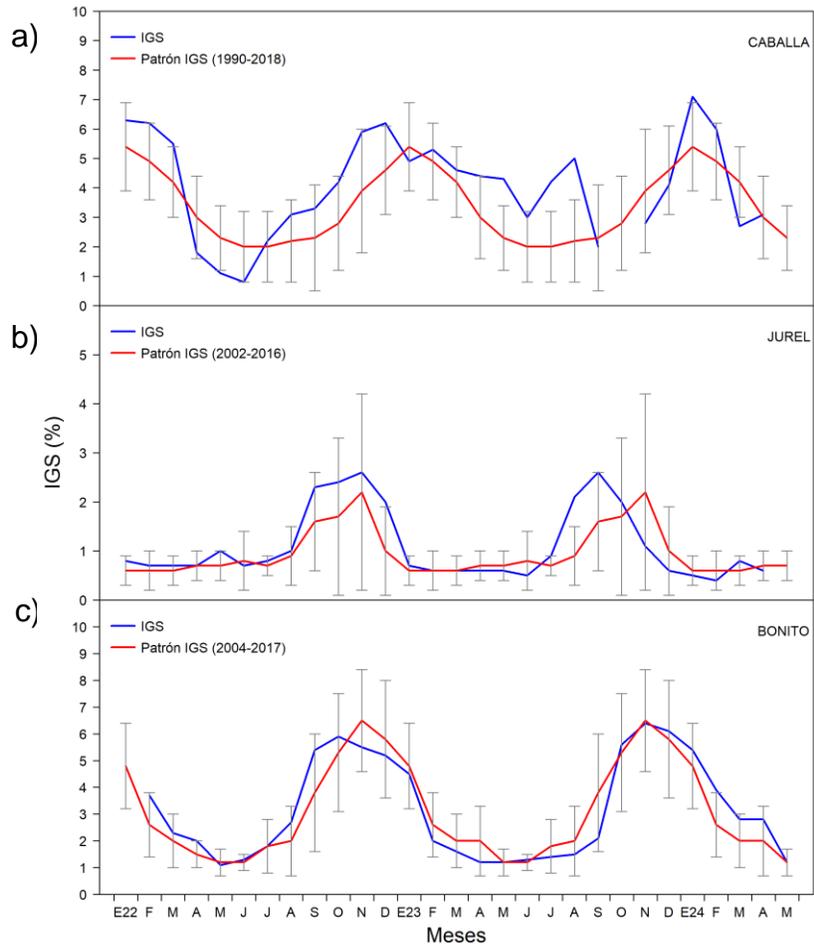


Figura 40. Índice gonadosomático de: a) caballa *S. japonicus*, b) jurel *T. murphyi* y c) bonito *S. chiliensis chiliensis* de enero del 2022 a mayo del 2024.

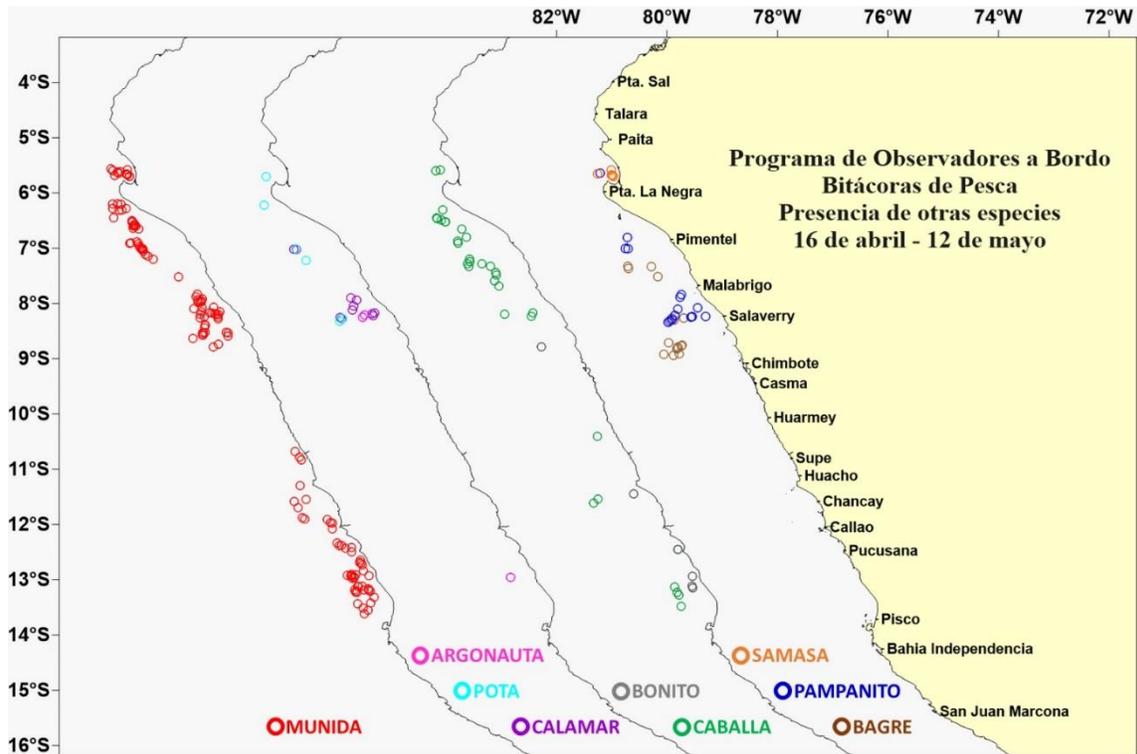


Figura 41. Distribución de especies asociadas a la anchoveta. Abril – mayo 2024.

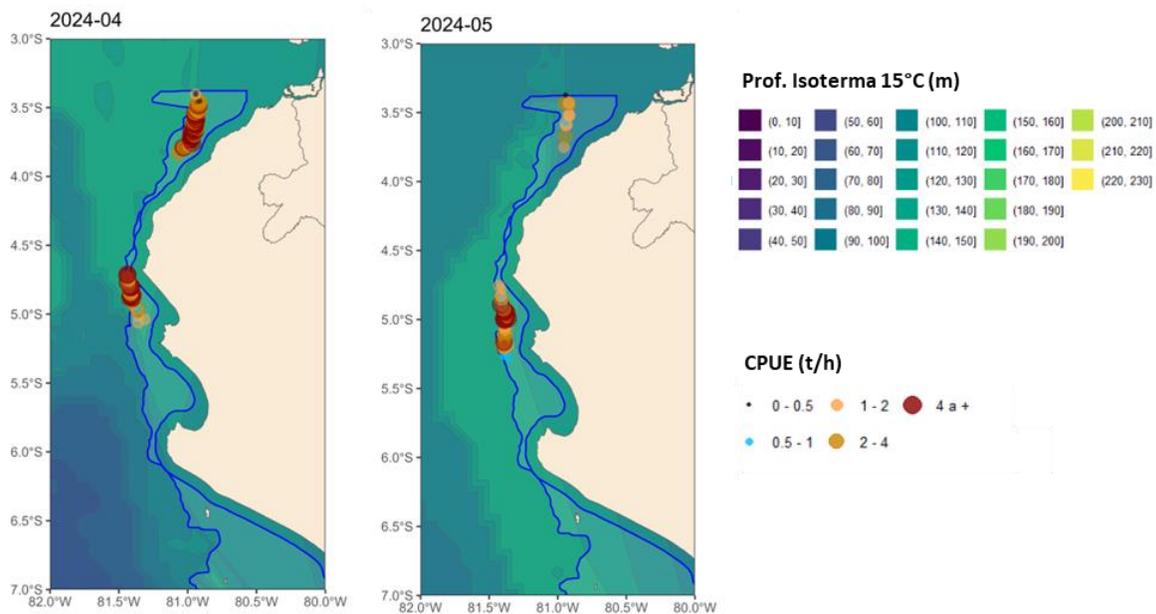


Figura 42. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en $t \cdot h^{-1}$, círculos coloreados) por lance de pesca durante abril (izquierda) y lo que va de mayo (derecha) 2024 de la flota industrial de arrastre de merluza. Además, se muestra el promedio de la profundidad de la isoterma de 15 °C durante abril y lo que va de mayo 2024 (en colores) proveniente del modelo MERCATOR.

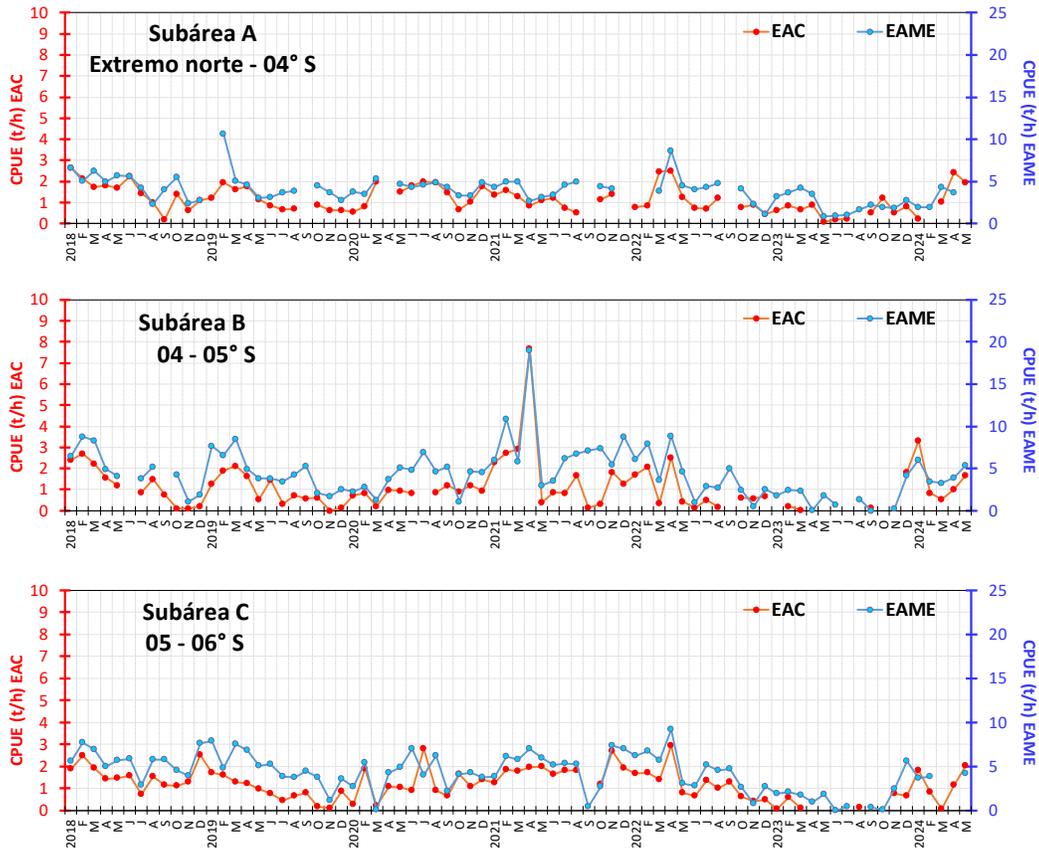


Figura 43. CPUE mensual (t h⁻¹) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

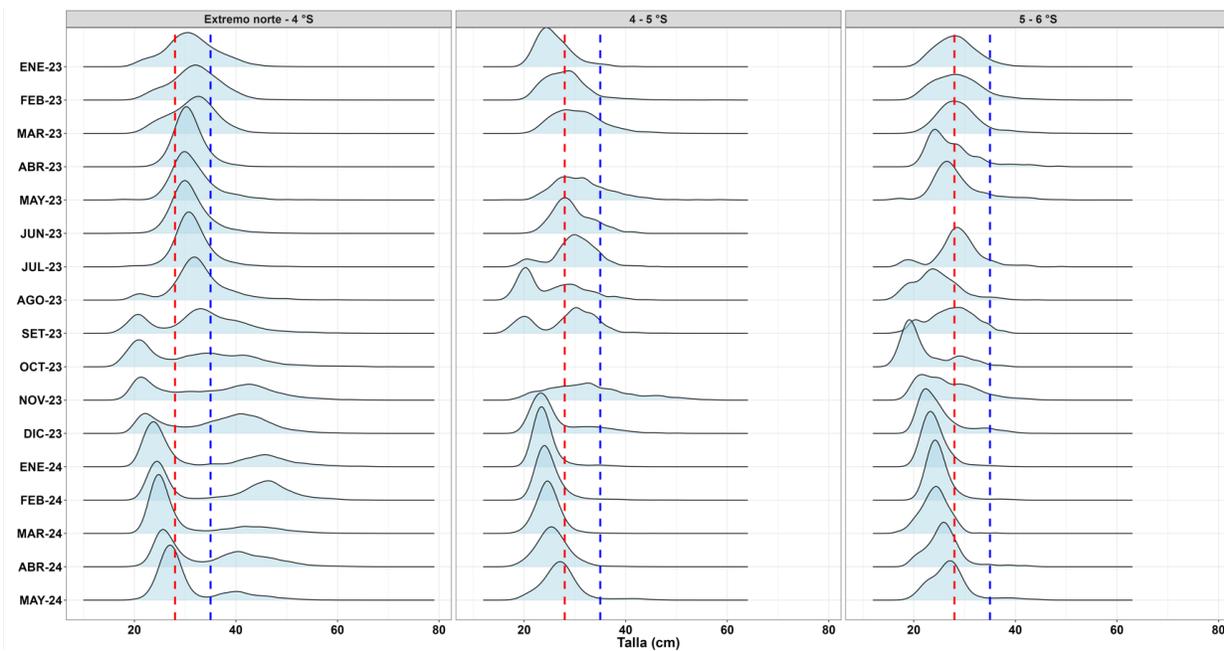


Figura 44. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 11 de mayo 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

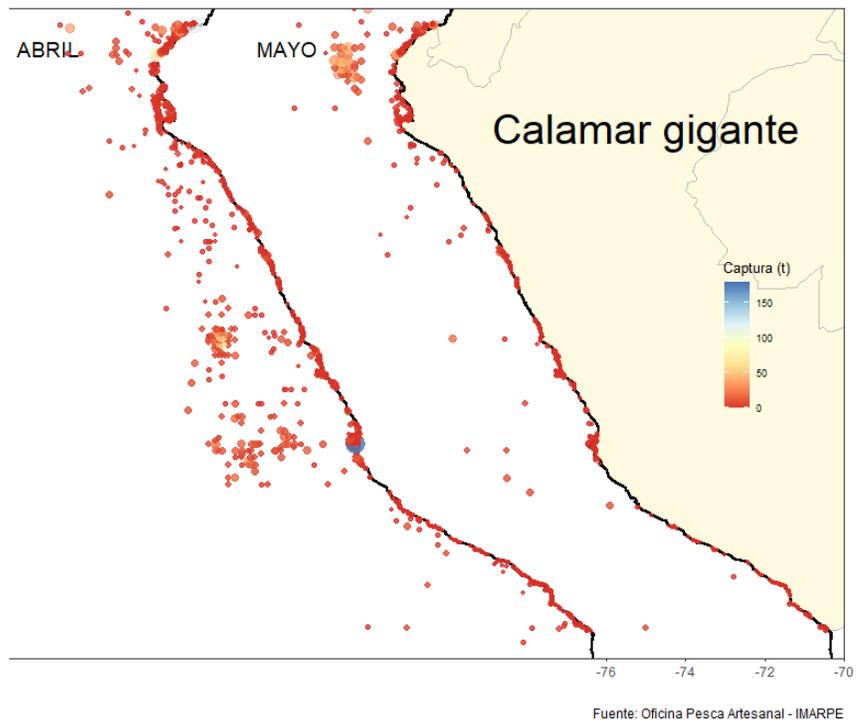


Figura 45. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, durante abril y mayo (01 - 06 de mayo) 2024.

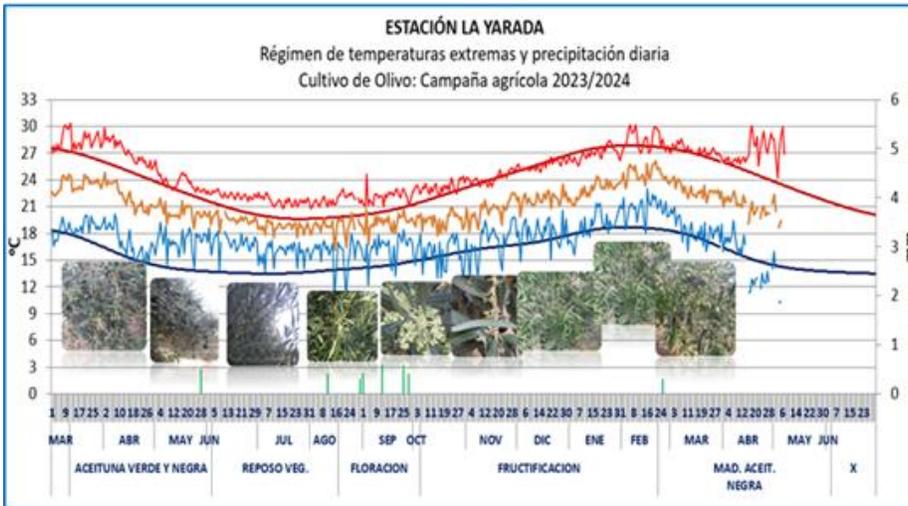
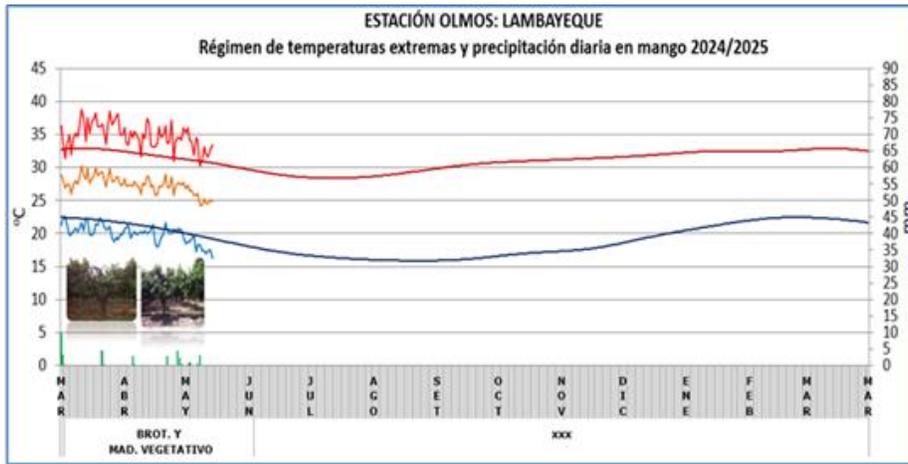


Figura 46. Monitoreo agro meteorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI.

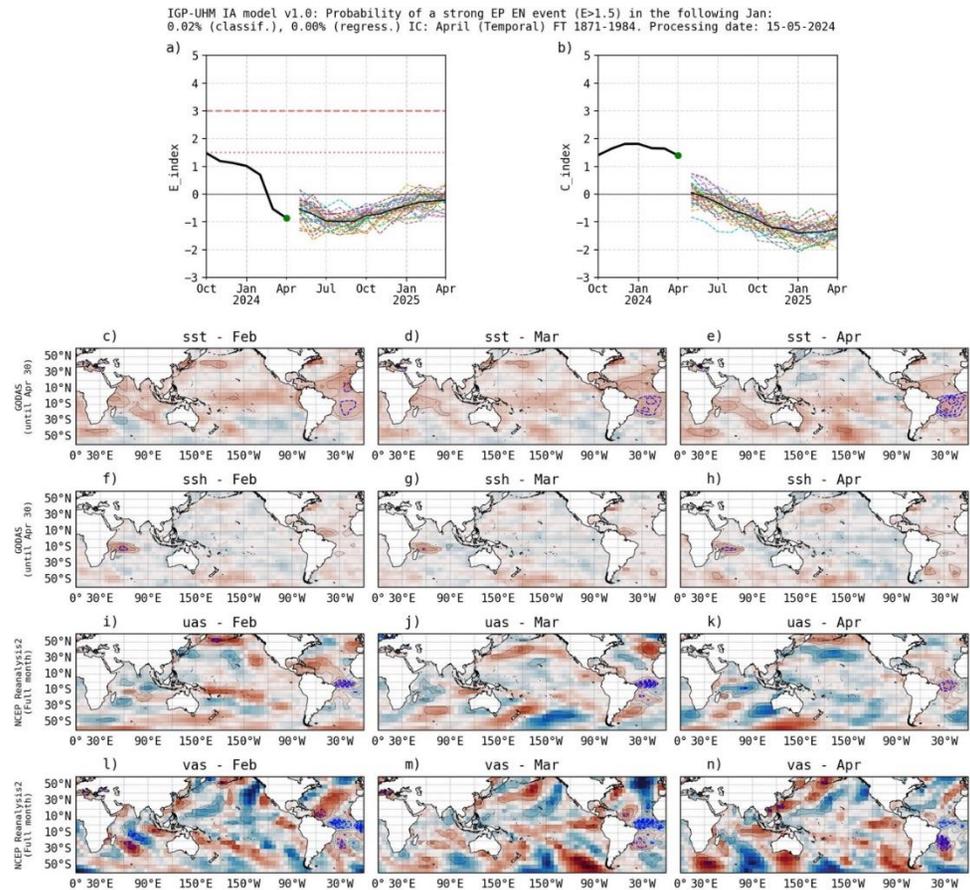


Figura 47. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2023 a abril 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]

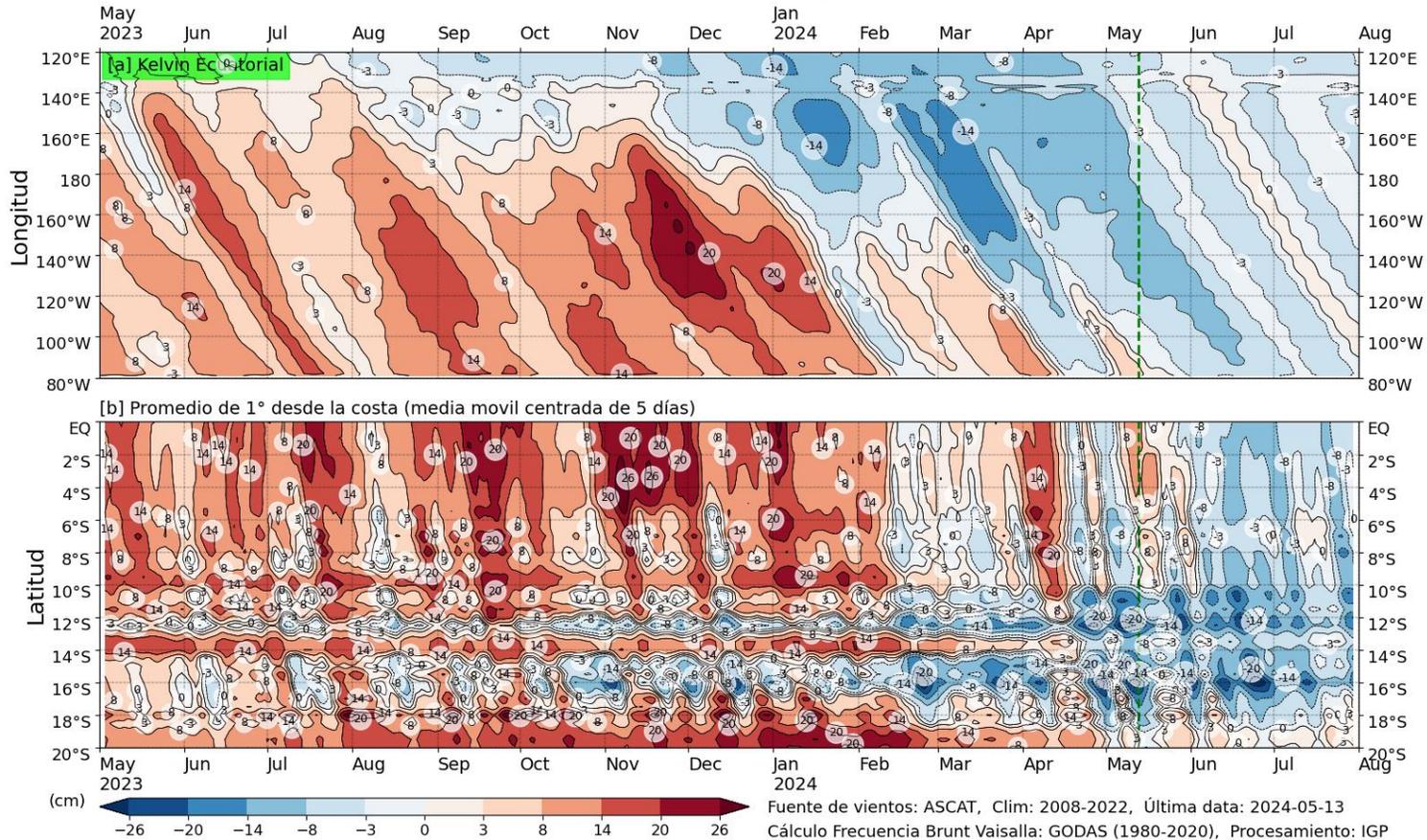


Figura 48. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

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

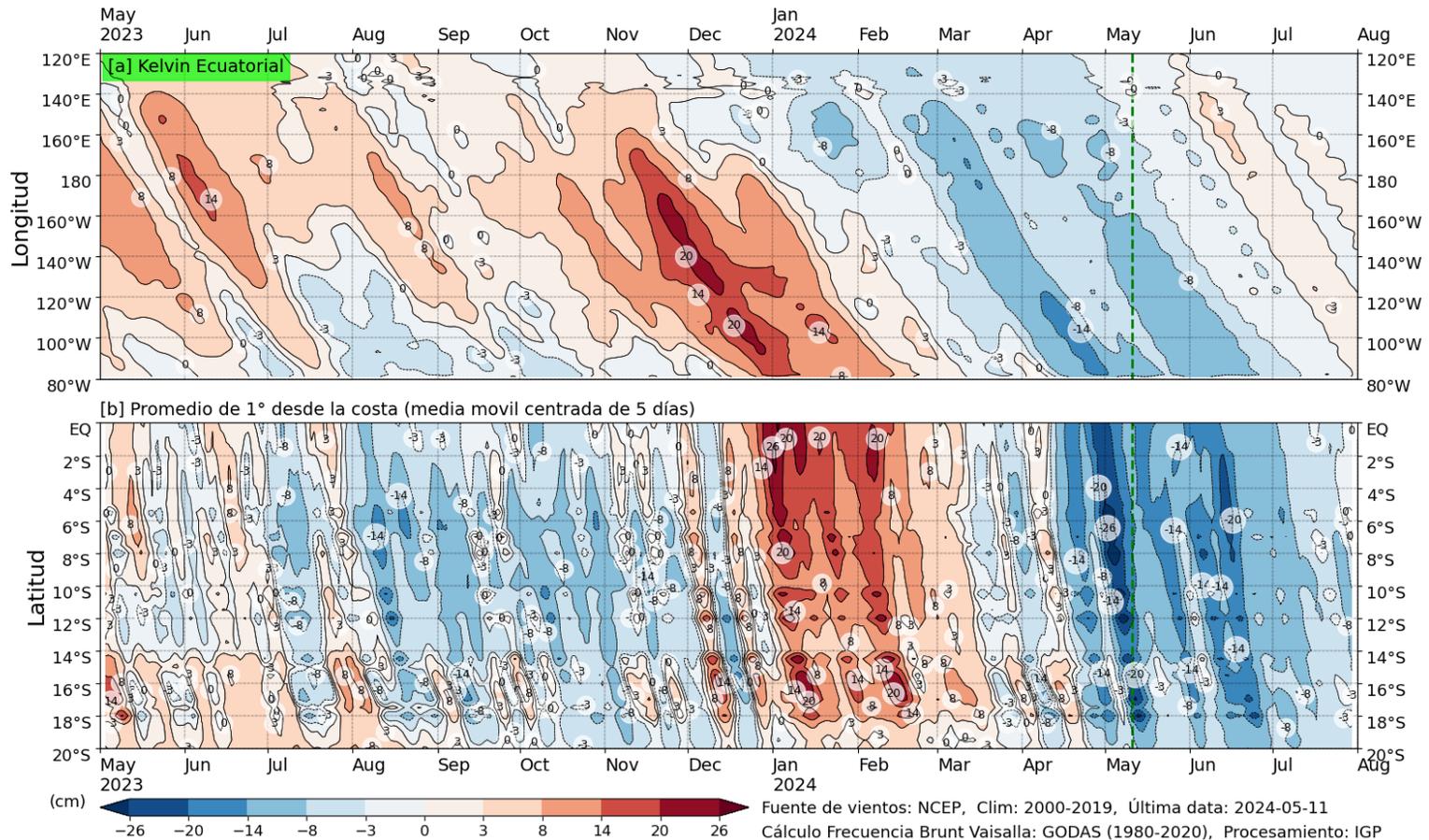


Figura 49. Igual que la Figura 48 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

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

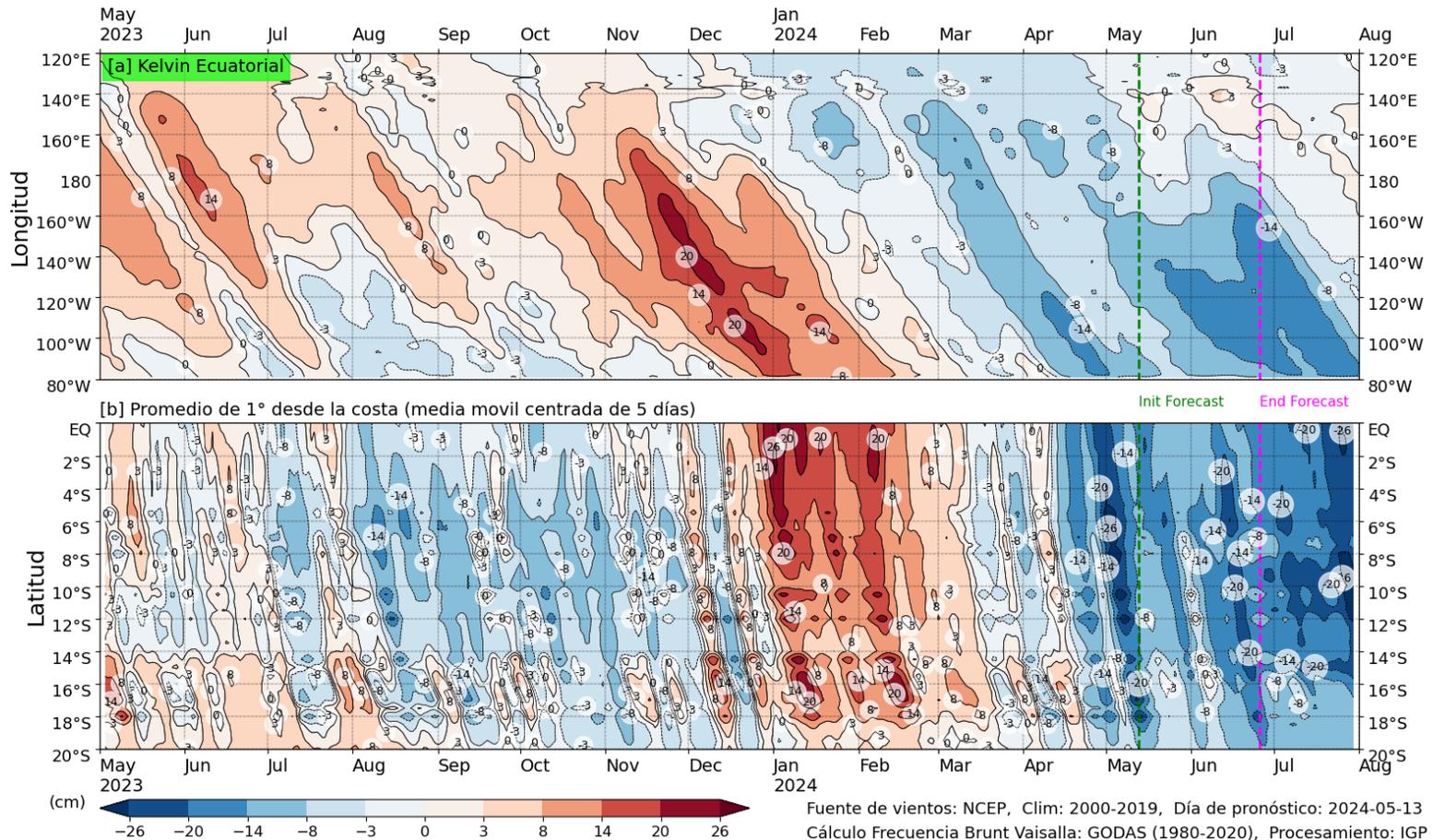


Figura 50. Igual que la Figura 49, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP.

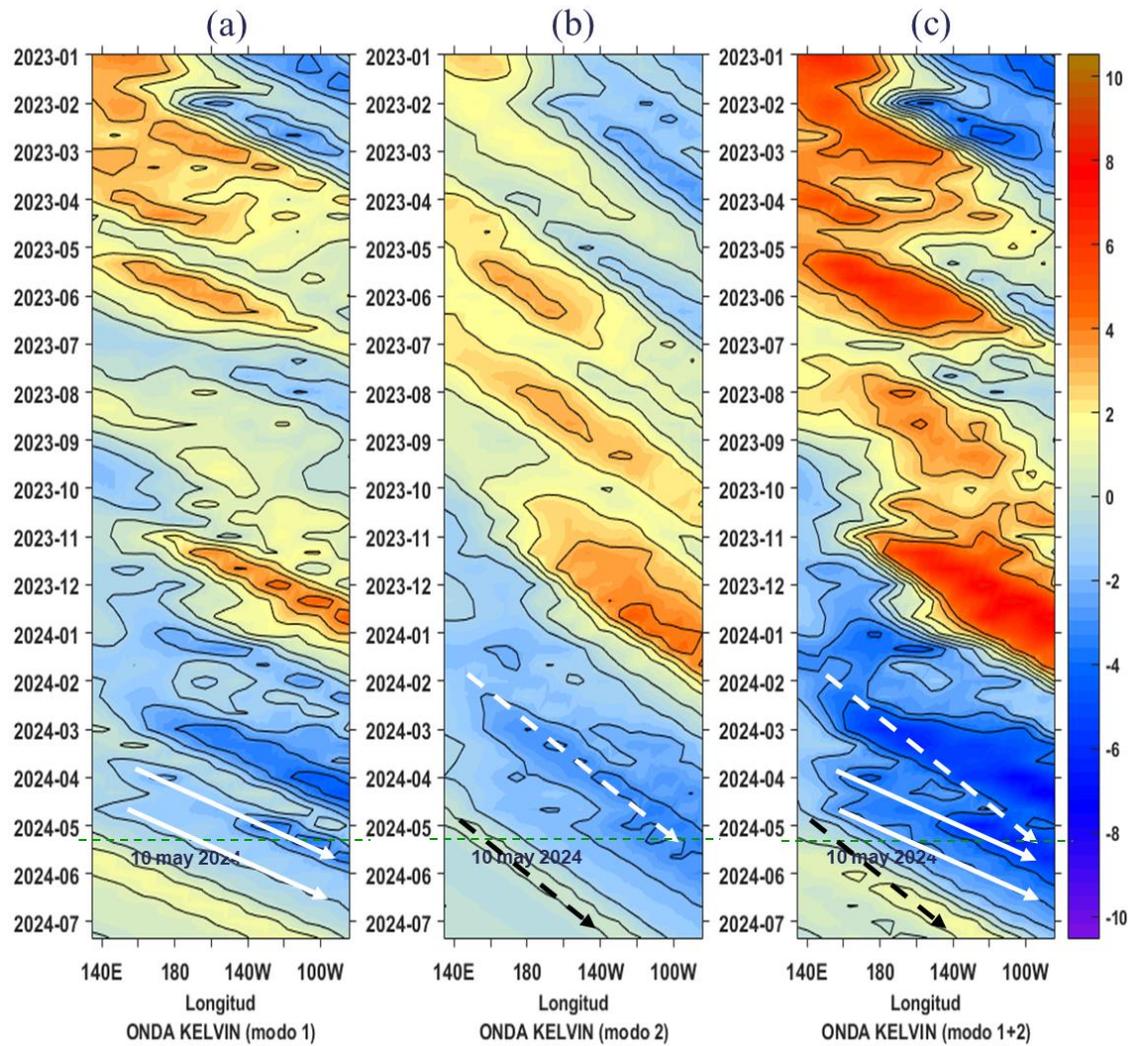


Figura 51. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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

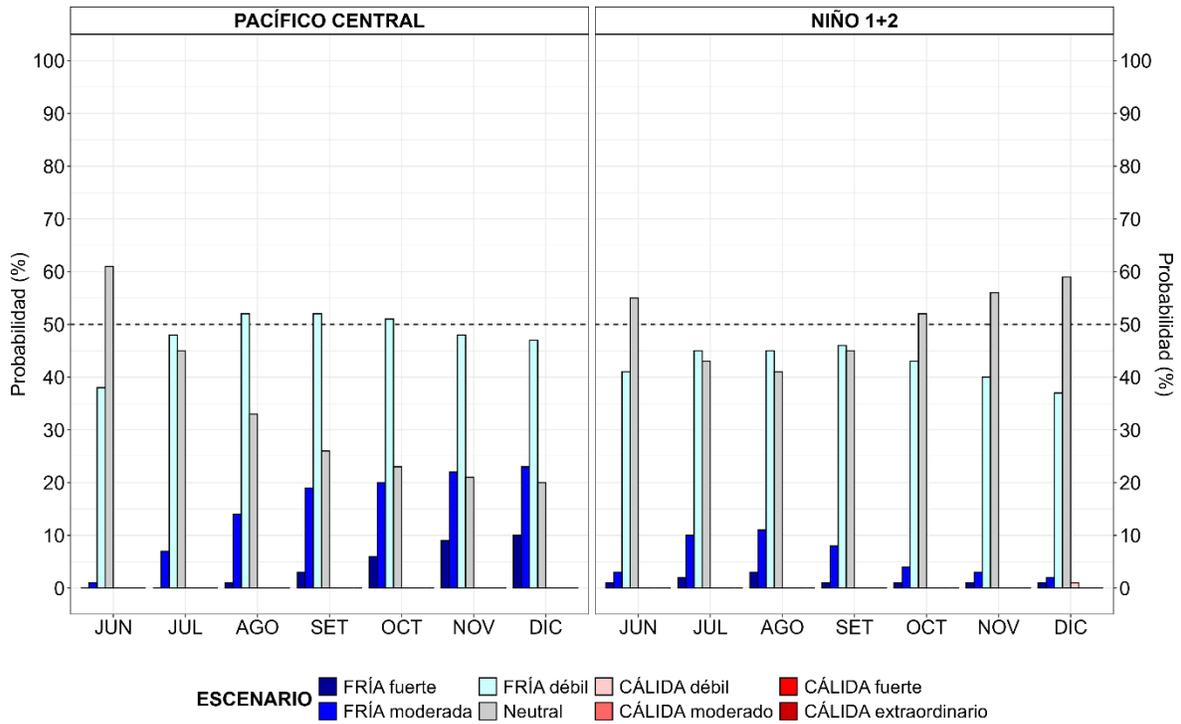


Figura 52. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre junio y diciembre 2024.

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*.