

COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO"



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 13

16 OCTUBRE 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. Ing. José Genaro Musayón Ayala
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Gral. (r) . ROLANDO GUSTAVO CAPUCHO CÁRDENAS
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jackie Rojas, José Luis Bustamante.

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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

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

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

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

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N° 13, 16 octubre de 2024, 82 p.

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

Fecha de Publicación: 18 de octubre de 2024



**Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur
en el Perú al 16 de octubre
2024**

Índice

<u>I.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>II.</u>	<u>MÉTODOS</u>	6
2.1.	<u>Variables</u>	6
	<u>Temperatura Superficial del Mar (TSM)</u>	7
2.2.	<u>Índices</u>	7
	<u>Índice Costero El Niño (ICEN)</u>	7
	<u>Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)</u>	8
	<u>Índices reproductivos de anchoveta</u>	8
2.3.	<u>Modelos y Pronósticos</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)</u>	8
	<u>Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)</u>	9
	<u>Modelos Climáticos de Agencias Internacionales</u>	9
	<u>Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto</u>	9
<u>III.</u>	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 16 DE OCTUBRE DE 2024</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	18
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	32
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	42
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	44
<u>IV.</u>	<u>PERSPECTIVAS</u>	50
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	58
<u>VI.</u>	<u>TABLAS Y FIGURAS</u>	XX
<u>VI.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	59
<u>VII.</u>	<u>ANEXO</u>	62

I. INTRODUCCIÓN

Existen registros que El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en su fase cálida y fría, El Niño y La Niña respectivamente, tienen distintos efectos en el sistema tierra, con más repercusión e intensidad en determinadas zonas del mundo (tele conexiones). En el caso de Perú, en El Niño y también en el contexto de El Niño costero, las condiciones cálidas sobre el Pacífico oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, generan lluvias intensas, causando impactos en los sectores socioeconómicos.

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

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

II. MÉTODOS

Variables

Las principales variables utilizadas en este informe están clasificadas en: atmosféricas, oceanográficas, hidrológicas y biológicas-pesqueras. En el Anexo 1 se detallan las variables monitoreadas y presentadas en este informe, por el grupo de trabajo científico-técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN, indicando la fuente de la información (*in situ*, satelital, reanálisis, modelos), la institución responsable del procesamiento de los datos, así como precisiones u observaciones respecto a la metodología.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el océano global, el producto de TSM del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) proporciona mapas diarios con resolución horizontal de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), utilizando datos *in situ* y satelitales de radiómetros infrarrojos y microondas. Las anomalías de TSM se calculan en base a la climatología de Pathfinder, a una resolución horizontal de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ($1/4^\circ$).

Como parte del procedimiento de análisis, se realiza una estimación del sesgo en cada uno de los sensores de satélite contribuyentes. Esto se realiza calculando emparejamientos entre cada sensor de satélite y un conjunto de datos de referencia (actualmente compuesto por los datos *in situ* y un subconjunto de los datos de satélite MetOp AVHRR). Estas diferencias se introducen luego en un procedimiento de Interpolación óptima para producir campos de polarización cuadrículados en cada sensor. OSTIA utiliza datos satelitales proporcionados por el proyecto GHRSSST junto con observaciones *in situ*, para determinar la TSM. Para mayor información: <http://ghrsst-pp.metoffice.gov.uk/ostia-website/index.html>

Otra fuente relevante para el monitoreo de la TSM es el *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* (ERSST), es un conjunto de datos de la TSM derivado de *International Comprehensive Ocean–Atmosphere Dataset* (ICOADS) con información desde 1854 hasta la actualidad. La versión más reciente de ERSST, versión 5(v5), con una resolución horizontal de $2^\circ \times 2^\circ$, incorpora información la TSM proveniente de los flotadores Argo, la concentración de hielo Hadley Centre Ice-SST versión 2 (HadISST2) y los datos recientes desde ICOADS. Para más información: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.ersst.v5.html>

En el presente informe se toma en cuenta la TSM del producto ERSSTv5, OSTIA a $1/20^\circ$, así como las anomalías de la TSM a $1/4^\circ$.

Índices

Índice Costero El Niño (ICEN)

Es calculado a partir de la media 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°W-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 re-análisis 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 *re-análisis* 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 16 DE OCTUBRE DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial, la temperatura superficial del mar (TSM) se mantiene con anomalías negativas hasta la primera quincena de octubre, principalmente en la región central (Figura 1 y Tabla 1). La anomalía mensual de la TSM para el mes de septiembre, según los datos de ERSST.v5 en la región Niño 3.4 y en la región Niño 1+2, fueron $-0,77\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,29\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Según los datos semanales de OI SST, la anomalía de la TSM en ambas regiones fue de $-0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de $-0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, para la segunda semana de octubre (Tabla 2).

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de agosto y el ICEN temporal (ICEN- tmp) de setiembre de 2024 se ubican en condiciones neutras. Asimismo, los valores del ONI de agosto y el temporal (ONI-tmp) de setiembre corresponden a condiciones neutras (Tabla 3).

En el Pacífico Ecuatorial, entre los 120°E y 80°W , en la región central se observó un predominio de ligeras anomalías del este del esfuerzo del viento, durante la primera quincena de setiembre y la primera quincena de octubre; mientras que, en la región centro-oriental y oriental durante la segunda quincena de setiembre, predominaron anomalías del oeste del esfuerzo de viento (Figura 2). Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, una onda de Kelvin cálida habría arribado entre mediados y fines de setiembre al extremo oriental. Por otro lado, alrededor de 110°W , se observa la señal de una onda de Kelvin fría que, aparentemente, habría perdido energía en su arribo al Pacífico oriental. Esta onda se manifestó en anomalías térmicas negativas y en anomalías del este de las corrientes marinas. Al oeste de 135°W , nuevamente, se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida en la anomalía del nivel del mar y en las anomalías del oeste de las corrientes marinas. Según la información de los flotadores ARGO, la profundidad anómala de la termoclina muestra la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías y cálidas en el Pacífico oriental (entre 150°W y 90°W) y central (en 180°), respectivamente (Figuras 2 y 3). En relación a las ondas de Rossby, se observan a dos ondas de Rossby cálidas en la zona oriental y occidental, siendo más intensas en la última región, y una onda Rossby fría en el Pacífico central pero débil (Figura 4).

En el mes de setiembre de 2024, se registró un aumento en las anomalías de presión en Oceanía, con valores positivos de hasta $+4\text{ hPa}$, lo que favoreció una subsidencia en parte de la región (120°E - 150°E) (Figura 5 d). En Sudamérica, también predominó la subsidencia, lo que generó condiciones secas, a lo largo de la vertiente oriental donde se observaron anomalías negativas de precipitación (Figura 10 izq.).

En el Pacífico Central y parte de la costa norte peruana, se detectaron anomalías de presión negativas de hasta -1 hPa, por lo cual no se observa aún la configuración típica del gradiente de presión zonal con el Pacífico occidental asociado al desarrollo de La Niña (Figuras 5 b y 5 d).

En promedio para setiembre, respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa), en el Pacífico central se observaron anomalías de vientos del este ($120^{\circ}\text{W} - 150^{\circ}\text{W}$ y 0°), lo que favoreció en una ligera disminución de las anomalías de TSM del Pacífico central, que se presentaron en setiembre. Por otro lado, en niveles altos (200 hPa) se presentaron anomalías de vientos del oeste, entre $60^{\circ}\text{W} - 90^{\circ}\text{W}$ y $0^{\circ}\text{S} - 20^{\circ}\text{S}$, que evidenciaron la intensificación de los flujos del oeste hacia la vertiente occidental y oriental del Perú, favoreciendo condiciones secas, en sinergia con la subsidencia predominante de la celda de Walker. Ello se evidenció en las anomalías negativas de precipitación que alcanzaron hasta -100% , principalmente a lo largo de la sierra sur, central oriental y parte de la selva (Figuras 5 c y 10 izq.).

En promedio, en el Pacífico Ecuatorial, del 1 al 15 de setiembre, en la circulación a 850 hPa, se han observado principalmente una predominancia de anomalías de vientos del este ($150^{\circ}\text{W} - 150^{\circ}\text{E}$, aproximadamente de -3 a -7 m s^{-1}) y anomalías de vientos del oeste entre $150^{\circ}\text{E} - 90^{\circ}\text{E}$ (entre $+1$ a $+3\text{ m s}^{-1}$). Estas anomalías del este podrían haber favorecido la disminución episódica que se dio en las anomalías de TSM en el Pacífico Central. Posteriormente, a fines de setiembre se presentó una predominancia de anomalías de vientos del Oeste ($120^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{W}$). En la primera quincena de octubre volvieron a predominar las anomalías de vientos del este ($120^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{W}$) (Figura 6a), lo que podría influenciar en el comportamiento de las anomalías de TSM en el Pacífico central favoreciendo la tendencia hacia el enfriamiento. Respecto a la velocidad potencial, durante el mes de setiembre, la fase convergente en altura (200 hPa) predominó en Sudamérica, en sinergia con una mayor subsidencia en la celda de Walker, lo que favorecieron condiciones deficitarias en el mes reflejadas en las anomalías de precipitación (Figuras 5 b, 6 b y 10 izquierda). Sin embargo, a fines de setiembre se presentó un breve episodio de fase divergente, lo que favoreció episodios de lluvias, principalmente en la vertiente occidental de Perú (Figura 10 izquierda). A inicios de octubre también predominó la fase convergente no favorable a lluvias intensas lo que también se evidenció en las anomalías de lluvias de la primera década de octubre, principalmente en la sierra oriental en donde persisten condiciones deficitarias de hasta -60% a -100% (Figuras 6 b y 10 derecha). Se espera que la fase convergente persista hasta fines de octubre, lo que no muestra un escenario favorable a lluvias, sin embargo, a inicios de noviembre se pronostican valores de velocidad potencial en el rango neutro que podría ser un escenario más optimista para las lluvias (Figura 6 b).

Para el trimestre JAS 2024, el núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en promedio ligeramente intenso y con un desplazamiento al sur con respecto al trimestre JJA. En septiembre, el núcleo del APS se ubicó en promedio en los 117,5°W y 40°S, desplazado al suroeste de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1025,3 hPa y una anomalía de +0,6 hPa (Figura 7).

En septiembre, el APS presentó una configuración zonal elongada abarcando desde los 150° W hasta los 75°W y 20°S a 40°S, cercanos a la costa central de Chile y sur de Perú, con el núcleo más relegado hacia el suroeste entre 40°S - 120°W. A pesar de que su núcleo se encuentra al suroeste de su posición climática, la elongación y cercanía del APS hacia la costa chilena y peruana favoreció un incremento del gradiente isobárico APS – Costa donde se tuvieron episodios de incremento de vientos alisios en la región costera (Figuras 5b y 8).

Durante la primera semana de octubre (1-7 de octubre), el APS se ubicó al sureste de su posición climática habitual con un núcleo intensificado de 1028 hPa y una configuración zonal (Figura 9). A pesar de presentar un núcleo intensificado, su ubicación relegada hacia el sur favoreció un debilitamiento de vientos alisios y una intrusión de vientos del norte, que se presentó entre el 1 al 3 de octubre en el nivel de 850 hPa. Posteriormente, en la segunda semana de octubre (8 – 14 de octubre) el APS se extendió desde los 75°W – 160°W y 20°S – 40°S con una elongación considerable, y una cercanía a costa que permitió la intensificación de los vientos alisios en costa.

A nivel superficial, durante el mes de setiembre y lo que va de octubre, en la zona oceánica frente a Perú se registraron vientos fuertes a moderados, con anomalías de velocidad del viento (VV) que fluctuaron del rango positivo (+1,0 m s⁻¹) a negativo (< -1,0 m s⁻¹). Estos vientos alcanzaron una intensidad fuerte hasta mediados de setiembre, mientras que, a partir de entonces hasta inicios de octubre se registraron vientos moderados, produciendo anomalías de viento en el rango neutral a negativo; en tanto, la segunda semana de octubre se observó una tendencia hacia la normalización de la VV (Figura 11). Según el pronóstico del ECMWF, entre el 15 y el 21 de octubre, el APS se ubicará al oeste de su posición climática alrededor de los 30°S – 40°S centrada en 100°W, con una configuración zonal elongada, pero reducida respecto a la semana anterior, y una intensidad de 1024 hPa en su núcleo. Debido a que presentará una menor intensidad en su núcleo, respecto a la anterior semana, se espera que los vientos alisios disminuyan en intensidad. Finalmente, entre el 22 y el 28 de octubre, el APS migrará hacia el este, cercano a su posición climática entre los 30°S – 40°S y centrado en 90°W, con un núcleo de 1022 hPa. A pesar de su menor intensidad en el núcleo (1022 hPa), su posición cercana a sus valores climáticos, y el núcleo cercano a la costa propiciará un incremento de los vientos alisios costeros (Figura 9).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

En la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron vientos moderados (de 4,1 a 6,8 m s⁻¹) a fuertes hasta mediados de setiembre, para luego predominar vientos moderados hasta la quincena de octubre, con anomalías de VV en el rango negativo (menor a -1,0 m s⁻¹), desde Sechura hasta San Juan de Marcona. En tanto, al sur de San Juan de Marcona se registraron vientos moderados a débiles (Figura 12). El afloramiento costero, en el mes de setiembre y lo que va de octubre, se mantuvo activo en la zona norte (entre Paita a Sechura) y en la zona sur (entre Pisco a San Juan de Marcona), registrando anomalías positivas hasta mediados de setiembre. A partir de la quincena de setiembre hasta octubre, se registró una disminución de la magnitud del índice de afloramiento costero (IAC), generando anomalías negativas del transporte de Ekman. Respecto al bombeo de Ekman, se registró predominancia de condiciones de anomalías positivas, pero estas también tendieron a decrecer, aunque con fluctuaciones, entre setiembre y lo que va de octubre (Figura 13).

Durante los primeros días de octubre, las temperaturas máximas (diurnas) en el litoral costero aumentaron en promedio +0,4 °C, mientras que las temperaturas mínimas (nocturnas) disminuyeron ligeramente en -0,2 °C, en comparación con la tercera decadiaria de setiembre. Este incremento en las temperaturas máximas se debió al desplazamiento del APS al sur, la caída del gradiente de presión y la baja cobertura nubosa, mientras que las temperaturas mínimas se mantuvieron dentro de los rangos normales debido a la normalización de la TSM en relación con la decadiaria anterior. En cuanto a las temperaturas máximas, la costa norte presentó las anomalías promedio más altas, con un incremento de +1,5 °C. En la costa central y sur, las anomalías fueron de +0,6 °C y +0,1 °C, respectivamente. Estos valores se mantienen dentro de su variabilidad climática ($\pm 1,0$ °C). Las mayores anomalías promedio se observaron en las estaciones meteorológicas de La Esperanza, Bernal y Chusis (Piura, costa norte), con valores de +1,4 °C, +2,3 °C y +2,8 °C, respectivamente. Además, en Jayanca (Lambayeque, costa norte) se registró una anomalía de +2,8 °C, y en Campo de Marte (Lima, costa central), de +1,2 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, en la costa norte, central y sur alcanzaron anomalías promedio de 0,3 °C, 0,3 °C y -0,5 °C, respectivamente, valores también considerados dentro de los rangos normales ($\pm 1,0$ °C) (Figura 14).

La TSM continuó disminuyendo en el mar peruano, registrando valores menores de 20 °C. En el norte con temperaturas de hasta 18 °C, en el centro 17 °C y en el sur 15 °C. En la zona costera con menores temperaturas asociadas a los procesos de afloramiento costero, principalmente en el sur. Estas condiciones manifestaron un escenario ligeramente frío en gran parte del mar de Perú, cambiando a un escenario normal en la segunda semana de octubre (Figuras 15 y 16 a).

A otra escala, en el litoral de Perú la anomalía de la TSM se mantuvo poco variable en el norte y centro, con valores negativos cercanos de cero; mientras que, al sur de Mollendo, la anomalía de la TSM aumentó desde de la segunda semana de setiembre, hasta alcanzar valores positivos (Figura 16 b).

De acuerdo a información *in situ* del 06 setiembre al 06 de octubre de 2024, la TSM dentro de las 140 mn frente a Perú, entre Tumbes y Atico, varió de 14,1 °C a 24,1 °C, con un promedio de 17,2 °C, mientras que las ATSM variaron entre -2,8 y +2,8 °C, con promedio de -0,3 °C. Las observaciones al norte de Punta Falsa fueron registradas en la primera quincena de setiembre, y las observaciones al sur de Pisco, fueron registradas durante octubre. Los valores más altos se encontraron en la zona costera al norte de Talara, donde la isoterma de 20 °C se proyectó hasta las 50 mn de distancia de la costa, generando anomalías positivas de +1,0 y +2,0 °C en su núcleo. Por otro lado, las temperaturas bajas se encontraron en zonas costeras, con isotermas de 16 °C extendiéndose desde Mórrope hasta Callao, e isotermas de 15 °C desde Pisco hasta San Juan de Marcona. Con respecto a las anomalías, en la mayor parte de la costa centro-norte las condiciones fueron neutras. Frente a Huarmey se presentaron anomalías positivas de +1,0 °C debido a la presencia de una celda de 18 °C dentro de las 40 mn, además de zonas aisladas frente a Bayovar y Pisco con anomalía positiva débil. Las anomalías negativas se presentaron en gran extensión en zonas oceánicas frente a Paita, expandidas hacia el norte, así como entre Bahía Independencia y Atico, por fuera de las 30 mn (Figura 17).

Entre el 02 y 14 de setiembre, también según datos *in situ*, la TSM frente a la costa entre Callao e Ilo varió entre 15 °C y 16 °C hasta por fuera de las 200 mn, principalmente, aunque se registraron núcleos de 17 °C al sur de los 17°S. La anomalía predominante de -1,5 °C y los valores de salinidad correspondieron a las aguas costeras frías (ACF) (Figura 18).

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa, presentaron un descenso sostenido durante la primera quincena de setiembre, para luego exhibir un incremento en sus valores de forma generalizada, en dirección de norte a sur, desde el sector ecuatorial a la costa norte de Chile, con valores puntuales de hasta +11 cm frente a la costa peruana, asociado al paso de una onda Kelvin cálida. En octubre, el arribo de una onda Kelvin fría provocó una disminución progresiva de las ANM, las que descendieron a valores menores a +5 cm hasta Pisco (Figura 19). En el litoral, la ANM registró un incremento puntual a mediados de setiembre, para luego mantener valores alrededor de lo normal hasta la primera semana de octubre (Figura 20).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones costeras ubicadas desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el mes de setiembre dentro del rango de las condiciones neutras, 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 $-0,5$ para setiembre, correspondiendo también a condiciones neutras (Figura 21)

Respecto a la temperatura subsuperficial, durante el mes de setiembre y primeros días de octubre, entre Puerto Pizarro y San Juan de Marcona y dentro de las 140 mn frente a la costa, se detectó la elevación cerca de la costa de las isothermas de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ de Chicama hacia el sur, indicando la persistencia de celdas de afloramiento. Asimismo, se detectó el predominio de anomalías negativas sobre los 60 m de profundidad principalmente, con núcleos entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, a excepción de Punta la Negra donde se observó un núcleo cálido de hasta $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por fuera de las 40 mn; mientras que, entre los 100 y 500 m, las anomalías fueron débiles, variando entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figuras 22 y 23). Durante los primeros quince días de octubre se detectaron anomalías negativas entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 400 m cerca de la costa de Ecuador (Figura 24).

La profundidad de la termoclina, entre el 10 y el 20 de setiembre, presentó una posición por debajo de su climatología dentro de las 100 mn frente a Paita; mientras que frente a Chicama se localizó por debajo de la posición climatológica por fuera de las 60 mn, y por encima de esta dentro de las 30 mn, asociada a la elevación costera de las isothermas (Figura 25).

Además, frente a la costa entre Callao e Ilo, entre el 02 y 14 de setiembre, en la estructura vertical, se observó el predominio de las ACF sobre los 70 m en promedio, registrando temperaturas entre $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre Callao y Atico sobre los 100m de profundidad, somerizándose las isothermas más cerca de la costa con anomalías de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Frente a Ilo, por encima de los 50 m solo se registró a la isoterma de 17°C , pero manteniendo una anomalía de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 26).

A corto plazo, el pronóstico hasta la tercera semana de octubre indica la profundización de las isothermas y normalización de los núcleos anómalos negativos en los primeros 100 m de profundidad entre las 30 y 100 mn frente a la costa norte (Paita) (Figuras 27 a y 27 b). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama, se mantendrían las temperaturas con valores alrededor de lo normal sobre los 30 m y una anomalía de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre 30 y 100 m de profundidad; mientras que, a 40 mn de Chimbote se espera la profundización de las isothermas, predominando la de $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ en superficie y estableciéndose condición normal (Figuras 27 c y 27 d).

Por otro lado, a 40 m de Callao se espera una elevación de las isotermas, lo que desarrollaría una anomalía de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 27 e). Asimismo, hasta el 25 de octubre, de acuerdo con el modelo MERCATOR continuaría la atenuación de anomalías negativas de la TSM hasta alcanzar valores cercanos a cero en la región Niño 1+2 (Figura 28). La anomalía del nivel del mar indica la continuación de la propagación de la onda Kelvin fría frente a la costa central y sur; mientras que al norte de Tumbes se produciría un incremento de las anomalías positivas de nivel del mar, posiblemente asociada al inicio de la propagación de una nueva onda Kelvin cálida, la que habría sido forzada en la zona ecuatorial cerca a Sudamérica (Figura 29). La tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo, presentaría una tendencia positiva frente a toda la costa peruana (Figura 30).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se proyectaron hacia la costa norte tanto a inicios de setiembre, como en octubre, alcanzando la costa de Talara y hasta las 70 mn. Asimismo, información *in situ* indicó la intromisión de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) sobre los 40 m de la columna de agua y hasta las 40 mn de la costa de Tumbes, así como a ~60 mn del Golfo de Guayaquil (Figuras 17 b, 31 y 32), condiciones favorecidas por el debilitamiento del viento sur y el incremento térmico. Al sur de Talara y hasta Pisco, destacó el repliegue de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia el oeste, siendo reemplazadas gradualmente en la franja de 60 mn por las ACF hasta generar el predominio de estas a partir de la tercera semana de setiembre hasta lo que va de octubre (Figura 31). De esta manera, durante setiembre las ASS con concentración de sales superior a 35,1, habrían predominado sobre los 50 m de profundidad y por fuera de las 40 a 70 mn de la mayoría de localidades costeras, con excepción de Chimbote, donde su influencia se detectó cerca de la costa, con valores de hasta 35,2 (Figuras 17 b y 31). Cabe indicar que la información *in situ* desde Puerto Pizarro hasta San Juan de Marcona señala que esta distribución de las masas de agua fue, sin embargo, acorde a su climatología (Figura 17 b). Hacia el sur, en cambio, las ACF mostraron una amplia cobertura, con una destacada presencia de celdas de aguas de mezcla con baja salinidad entre Atico e Ilo, según el modelo Mercator (Figura 31).

El pronóstico de salinidad indica, la presencia de AES sobre los 20 m a 30 mn frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) hasta el 24 de octubre, pero manteniéndose aguas de mayor salinidad a más profundidad (Figura 33)

Respecto al oxígeno disuelto (OD), entre los días del 09 al 13 de setiembre del 2024, en la sección Paita, se apreciaron concentraciones habituales de celdas recientes de afloramiento por los valores inferiores a $4,0\text{ mL L}^{-1}$ registrados en la superficie del mar y dentro de las 40 mn de costa.

Por otro lado, se registró la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} por debajo de los 60 m de profundidad y el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se registró por debajo de los 130 m de profundidad. (Figura 22). En la sección Chicama entre los días 16 al 20 de setiembre 2024, se pudo apreciar dentro las 30 mn, celdas de afloramiento reciente con valores de OD inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ sobre la superficie del mar. Por otro lado, el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se distribuyó desde los 10 m hasta los 90 m (Figura 22). En las secciones de 100 mn de Paita y a Chicama, entre el 09 y 20 de setiembre, la profundidad de la oxiclina se ubicó por encima de su posición habitual por fuera de las 40 mn y por dentro de las 30 mn, respectivamente; mientras que se detectó por debajo de dicha posición dentro de la zona costera de Paita y fuera de las 80 mn de Chicama. Finalmente, la elevación de las isotermas hacia la costa observada de Chicama hacia el sur en las secciones oceanográficas, estuvo acompañada por un comportamiento similar de las iso-oxígenas (Figuras 22, 23 y 26).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio para setiembre, concentraciones de alrededor de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa. Se detectaron núcleos de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Paita, Pisco y entre Atico e Ilo en una franja muy costera dentro de las 15 mn, los cuales estuvieron asociados a anomalías positivas de $+1 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figuras 34 y 35). En lo que va de octubre, de Pisco a Ilo se detectaron concentraciones de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ replegadas a la costa dentro de las 30 mn y la presencia de núcleos muy costeros de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Pisco y entre Atico e Ilo. Además, predominaron anomalías negativas (entre -1 y $-2 \mu\text{g L}^{-1}$) frente a Pisco y al sur de San Juan dentro de las ~ 50 mn; mientras que frente a Ilo se observaron anomalías positivas ($> +6 \mu\text{g L}^{-1}$), dentro de las ~ 15 mn. Cabe mencionar que, en todo el período analizado, hubo una gran presencia de nubes entre el sur de Paita y Callao por lo que no se ha podido obtener información de la clorofila-a superficial en esa zona y es difícil concluir la significancia de cambios temporales.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, en la región norte – centro y sur durante setiembre se viene realizando el Crucero de Evaluación de anchoveta y otros recursos pelágicos (Cr.2409-10). Del 16 de setiembre al 11 de octubre se prospectó la región norte – centro y desde el 15 de octubre se viene evaluando la región sur. Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro del litoral peruano, índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD), mostraron en setiembre que el recurso se encontró en su periodo principal de desove, acorde a lo esperado para esta época. El contenido graso, indicador somático, registró una disminución correspondiente al gasto energético realizado en el incremento de la actividad desovante (Figura 36).

Las especies transzonales caballa (*Scomber japonicus*) y bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), en el mes de setiembre, se han distribuido de 1 a 30 mn de distancia a lo largo de la costa. El jurel (*Trachurus murphyi*) se distribuyó de principalmente en la región sur hasta las 90 mn (Figura 37 a-c). Con el retorno de las condiciones neutras a ligeramente frías, la especie sierra (*Scomberomorus sierra*), indicadora de aguas cálidas, se distribuyó principalmente en el extremo norte con presencia de pequeños núcleos en zonas cerradas en la región norte - centro (Figura 37 d) El IGS mostró que la caballa presenta menores procesos de maduración gonadal; mientras que, el jurel y el bonito registraron el incremento de la actividad reproductiva, de acuerdo a la tendencia de sus patrones históricos (Figura 38).

Respecto a los recursos demersales, del 01 de setiembre al 13 de octubre, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta el norte de Punta La Negra. Los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron en dos zonas: i) el área comprendida entre el extremo norte del litoral peruano y los 4°S, y ii) el área comprendida entre los 4°30'S y los 6°S. En términos generales, los valores de CPUE presentaron una tendencia positiva desde febrero hasta agosto, siendo que en setiembre y octubre los valores de CPUE fueron menores (Figuras 39 y 40). Se mantiene la presencia del grupo de ejemplares de menor tamaño (< 28 cm de Longitud Total), los cuales continúan mostrando un crecimiento desde que se observó su ingreso a la zona de pesca en el extremo norte del litoral peruano en setiembre de 2023. En las primeras semanas de octubre se observó la presencia de ejemplares de mayor tamaño (> 40 cm de Longitud Total) entre el extremo norte del litoral y los 4°S (Figura 41).

Para los recursos invertebrados, se observó que el calamar gigante se distribuyó desde Pisco hasta Mollendo, de 0,5 a 125 mn de la costa, registrando la mayor presencia entre Pisco y bahía Independencia (Figura 42). Es relevante señalar que durante el Crucero Cr. 2409-10 se registraron ejemplares de pota (*Dosidicus gigas*) con tallas pequeñas, comprendidas entre los 11 y 17 cm de longitud del manto, en el grado 13 de latitud sur. Este hallazgo sería evidencia de una posible recuperación de la población.

Durante el Cr. 2409-10, se realizó el avistamiento de aves marinas desde Puerto Pizarro (3°S) a Punta Chala (16,5°S) y entre las 5 mn y 100 mn. El mayor número de aves marinas se registró en los grados 5°S, 13°S y 15°S, lo cual puede estar relacionado con la presencia de zonas de reproducción de aves guaneras en estas latitudes (Figura 43). Las especies más representativas fueron las guaneras piquero (*Sula variegata*), camanay (*Sula nebouxii*) y guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), registradas donde se observaron las mayores concentraciones de estas especies cercanas a las zonas de reproducción (islas y puntas guaneras) que se encuentran distribuidas a lo largo de la costa peruana (Figura 44).

Entre las especies endémicas se encontró el zarcillo (*Larosterna inca*) y entre las migratorias a la pardela gris (*Ardenna grisea*), la golondrina de la tempestad de collar (*Oceanodroma hornbyi*), entre otras especies.

3.4. Condiciones hidrológicas

Durante el mes de setiembre y los primeros catorce días de octubre del 2024, los ríos de la vertiente del Pacífico, desde el río Chira hasta el río Chicama, han presentado caudales notoriamente por debajo de lo normal. Es importante destacar que estas anomalías se han venido observando desde los últimos días de marzo. En particular, el río Chira ha mostrado los caudales más bajos registrados en la serie de datos disponible. En setiembre, se esperaba que el río aportara un promedio $28,52 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a la represa Poechos, pero solo ha contribuido con $5.87 \text{ m}^3/\text{s}$. Asimismo, en octubre se esperaba un aporte de $23,74 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pero se está registrando únicamente $2,81 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Los ríos del Pacífico central y Pacífico sur se mantienen en condiciones normales a sobre lo normal. En contraste, todos los ríos de la cuenca del Titicaca presentan caudales por debajo de lo normal. En las regiones hidrográficas del Marañón y el Huallaga predominan condiciones por debajo de lo normal. Los ríos amazónicos, como el Ucayali, Marañón, Napo y el Amazonas, también se encuentran por debajo de lo normal. Por otro lado, los ríos de las regiones hidrográficas del Mantaro y el Urubamba mantienen igualmente niveles por debajo de lo normal (Tabla 4). Por otro lado, el lago Titicaca continúa mostrando una tendencia de disminuir su nivel, alcanzando las cifras más bajas del año pasado y desde la década de 1980.

Al 15 de octubre de 2014, los principales embalses del país están al 53,9 % de la capacidad hidráulica nacional. Cabe señalar, que los embalses Poechos y San Lorenzo, ubicados en el norte del país, se encuentran en niveles históricamente bajos para esta época del año (Tabla 5).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En el departamento de Piura, las temperaturas diurnas de normales a ligeramente cálidas propiciaron la fase de fructificación del mango Edward, Haden, Kent y Criollo; asimismo, estas condiciones cálidas promovieron el crecimiento y desarrollo de frutos en el mango Kent de Lambayeque. Para la campaña chica 2024 de arroz de la costa norte, las condiciones térmicas fueron favorables para el crecimiento vegetativo del cultivo; sin embargo, se reportó plantaciones con estrés hídrico debido a la disminución de la disponibilidad hídrica en las zonas productoras de Lambayeque. En la localidad de La Yarada (Tacna), las plantaciones de olivo iniciaron la fase de fructificación, favorecido por las temperaturas del aire de normales a ligeramente cálidas (Figura 45).

IV. PERSPECTIVAS

Según el pronóstico del C3S multi-system proporcionados por the Copernicus Climate Change Service, se espera que las anomalías positivas de presión en el Pacífico subtropical oriental ocurran entre noviembre y enero 2025; posteriormente las anomalías positivas serán desplazadas hacia el oeste alejándose del continente sudamericano. Asimismo, el máximo gradiente este-oeste de las presiones a nivel del mar se produciría entre diciembre 2024 y enero 2025 (Figura 46).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanESM5, GEM5.2–NEMO, NASA–GEOS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4, COLA–RSMAS–CESM1), con condiciones iniciales de octubre de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican una condición fría débil entre noviembre de 2024 y marzo de 2025; mientras que, entre abril y agosto las condiciones serían neutras. De acuerdo a estos modelos, La Niña en el Pacífico central se iniciaría en octubre y se extendería hasta finales del verano 2025 (Tabla 6); cabe indicar que estos pronósticos son más conservadores que los generados con condiciones iniciales de septiembre, que señalaban el desarrollo de La Niña desde septiembre 2024 hasta abril 2025. Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME indican en promedio condiciones neutras hasta mediados del invierno de 2025, aunque con ligeras anomalías negativas ($> -0,5$ °C) (Tabla 7).

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de setiembre indica que la probabilidad de que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), se mantendría con valores por debajo de lo normal y que recién alcanzaría sus valores normales a finales de otoño de 2025. Por lo pronto, no existe probabilidad de que en el siguiente verano 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 valores negativos que se extienden, por lo pronto, hasta el invierno de 2025 (Figura 47).

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 4 c) y de la profundidad de termoclina (Figura 4 b), se observan ondas de Kelvin y Rossby, tanto frías como cálidas. Existe la señal de una onda de Kelvin cálida en 150°W desplazándose hacia el continente americano que, de mantener su naturaleza no dispersiva, iniciaría su arribo a la costa americana en noviembre (Figura 2). Se continúa observando la señal de ondas de Rossby cálidas en la zona occidental y oriental; las primeras pueden continuar contribuyendo a la formación, por un proceso de reflexión, de ondas de Kelvin cálidas que, de mantener su naturaleza no dispersiva, arribarían entre diciembre y enero (Figura 4 a). En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se espera que se mantenga la presencia de ondas de Kelvin frías en la costa americana durante la primavera, afectando principalmente la temperatura subsuperficial.

El pulso de viento del este que se viene desarrollando en las últimas semanas en el Pacífico central (entre 170°E – 135°W), de proyectarse en una onda de Kelvin fría (y onda de Rossby cálida), podría disminuir la magnitud de la onda de Kelvin cálida que se viene desplazando por dicha región hacia la costa americana.

Los resultados de los modelos de ondas del IGP, forzado con el re-análisis de NCEP para el diagnóstico (hasta 12 de octubre) y luego con vientos igual a cero para el pronóstico, indican que se espera que continúe el arribo de la onda de Kelvin fría hasta octubre; luego, de no darse más pulsos de viento de magnitud relevante, se esperarían ondas de Kelvin cálidas débiles. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina (Figuras 48, 49).

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 10 de octubre 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que, entre octubre, noviembre y diciembre 2024 se espera la llegada a las costas Sudamericanas de dos ondas Kelvin frías y una onda Kelvin cálida. Entre octubre y noviembre, se espera la llegada de una onda Kelvin cálida (modo 1) que fue generada en el Pacífico ecuatorial occidental en agosto como reflexión de una onda Rossby cálida. En noviembre, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 2) que fue forzada por la persistencia de las anomalías de vientos del este en agosto en el Pacífico ecuatorial occidental y central. Finalmente, en noviembre se espera la llegada de otra onda Kelvin fría (modo 1) que habría sido forzada en el Pacífico ecuatorial occidental por las anomalías de vientos del este en lo que va de octubre. (Figura 50).

Conforme al juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, para el Pacífico central, es más probable la condición de la Niña débil desde noviembre de 2024 hasta marzo de 2025 (Tabla 8 y Figura 51). Para el verano se espera 52 % para la condición fría débil, seguida de la condición neutra con 46 % (Tabla 10). Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones neutras hasta el mes de mayo con valores superiores a 61 % (Tabla 9 y Figura 51), seguida de probabilidades frías débiles. Para el verano se espera 67 % de condiciones neutras (Tabla 11).

El pronóstico estacional para los meses de octubre a diciembre de 2024³ indica que las temperaturas mínimas en la costa norte y centro se situarán entre normales e inferiores a lo normal.

³ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-51.pdf>

En cuanto a las perspectivas de lluvias, se prevén condiciones de normales a inferiores a lo normal en la zona andina norte, centro oriental y costa norte

Según el pronóstico hidrológico⁴, para el período entre octubre y diciembre, en la Región Hidrográfica del Pacífico se prevé que predominen caudales normales a por debajo de lo normal en la zona norte, con una acentuación de anomalías negativas hacia el verano, en enero y febrero. En la zona centro y sur, se espera que las condiciones sean principalmente normales, salvo en el río Pisco, donde se espera un escenario por debajo de lo normal. Por otro lado, en la Región Hidrográfica del Titicaca, se prevé que los caudales se mantendrán por debajo del promedio histórico, llegando incluso a condiciones muy por debajo de lo normal. Finalmente, en la Región Hidrográfica del Amazonas, se espera que en las zonas norte y centro predominen condiciones por debajo de lo normal, manteniendo un escenario deficitario.

En cuanto a los recursos pesqueros, en las siguientes semanas, se espera que la actividad desovante de la anchoveta del stock norte-centro, continúe de acuerdo a su patrón histórico. En cuanto a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso para la pesquería mantenga los niveles de la primera quincena de octubre. Asimismo, desde enero hasta septiembre de este año, se ha observado una baja disponibilidad de calamar gigante o pota, para la pesca, en las costas del Perú, como consecuencia del evento climático El Niño 2023-2024, que ha afectado las temperaturas del mar y la distribución de las especies marinas. Con los actuales indicadores biológicos y las perspectivas climáticas, se espera que la recuperación de la población de calamar gigante se vea favorecida.

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-50.pdf>

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN en base a las condiciones océano atmosféricas y los pronósticos en la región Niño 1+2, mantiene el "Estado del sistema de alerta" de "No Activo"⁵.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados y los pronósticos de los modelos climáticos nacionales e internacionales, en el Pacífico central (región Niño 3.4) es más probable la condición de La Niña débil desde noviembre de 2024 hasta marzo de 2025. En la región Niño 1+2 es más probable la condición neutra desde noviembre 2024 hasta mayo de 2025.

Para el verano diciembre 2024-marzo 2025, es mayor la probabilidad del desarrollo de La Niña débil en el Pacífico central (52 %), seguida de la probabilidad de condición neutra (46 %). Para la región Niño 1+2, es más probable la condición neutra (67 %).

Se recomienda a los tomadores de decisiones y población en general tener en cuenta los escenarios de riesgo basados tanto en los pronósticos estacionales en relación a la primavera 2024, como en los escenarios del verano 2025. Esto con la finalidad que se 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 lunes 18 de noviembre de 2024.

⁵ No activo: De acuerdo al sistema de alerta, esta condición corresponde a condiciones neutras o cuando la Comisión ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar.

VI. TABLAS Y FIGURAS

6.1. Tablas

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Abr. 24	25.33 -0.21	28.08 0.50	28.60 0.78	29.55 0.92
May.	23.25 -1.17	27.06 -0.19	28.16 0.23	29.70 0.79
Jun.	22.17 -0.95	26.35 -0.27	27.91 0.18	29.67 0.71
Jul.	21.18 -0.78	25.67 -0.14	27.34 0.05	29.41 0.51
Ago.	20.58 -0.43	24.83 -0.29	26.74 -0.12	29.20 0.41
Set.	19.96 -0.77	24.65 -0.25	26.43 -0.29	28.89 0.13

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)		
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3.4
11-Set-24	20.5 -0.2	26.4 -0.2
18-Set-24	20.8 0.2	26.2 -0.5
25-Set-24	19.9 -0.8	26.4 -0.2
02-Oct-24	20.3 -0.5	26.4 -0.3
09-Oct-24	20.4 -0.4	26.2 -0.5

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte
nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1,29	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.98	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
mar-24	0.57	Cálida Débil	1.15	Cálida Moderada
abr-24	-0.11	Neutro	0.75	Cálida Débil
may-24	-0.61	Neutro	0.39	Neutro
jun-24	-0.86	Neutro	0.17	Neutro
jul-24	-0.69	Neutro	0.05	Neutro
ago-24	-0.66	Neutro	-0.11	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
set-24	-0.56	Neutro	-0.34	Neutro

Fuente: IGP

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 15 de octubre del 2024.

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Setiembre - 2024									Octubre - 2024					
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	21.34	24.18	23.00	18.74	18.65	20.21	21.02	23.30	Ligeramente sobre lo normal	21.07	17.05	18.23	18.78	18.70	Ligeramente sobre lo normal
	Tumbes El Tigre	20.37	19.37	18.83	18.15	18.09	18.42	18.87	10.04	Normal	20.53	17.13	17.75	18.47	19.80	Ligeramente sobre lo normal
	Chira (ardilla)	9.96	8.55	4.01	2.98	4.71	5.02	5.87	-78.07	Significativamente por debajo de lo normal	2.83	3.19	2.40	2.81	-88.57	Significativamente por debajo de lo normal
	Chira (Puente Suallana)	5.00	4.88	5.00	5.00	5.00	4.76	4.94	-2.46	Normal	3.00	3.00	3.00	3.00	-40.00	Ligeramente por debajo de lo normal
	Piura (Shanchez Cerro)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Significativamente por debajo de lo normal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Normal
	Chira (rio Quiroz)	6.28	6.45	5.82	7.43	6.10	5.63	6.28	-8.96	Normal	6.69	6.71	7.11	6.84	-17.39	Ligeramente por debajo de lo normal
	Motupe (Marripón)	0.55	0.50	0.55	0.45	0.44	0.48	0.50	55.34	Significativamente sobre lo normal	0.45	0.44		0.45	54.18	Significativamente sobre lo normal
	La Leche_Puchaca	0.17	0.16	0.16	0.12	0.12	0.12	0.14	-69.22	Significativamente por debajo de lo normal	0.30	0.16		0.23	-70.38	Significativamente por debajo de lo normal
	Chancay Lambayeque	3.25	3.04	2.82	2.09	0.91	4.05	2.69	-54.65	Significativamente por debajo de lo normal	3.94	3.61	6.41	4.65	-47.46	Ligeramente por debajo de lo normal
	Zaña	1.04	1.16	0.96	0.72	0.76	2.43	1.18	-37.29	Ligeramente por debajo de lo normal	2.70	2.30	1.62	2.21	-15.52	Ligeramente por debajo de lo normal
	Jequetepeque	1.06	0.90	0.90	0.85	0.81	1.19	0.95	-52.20	Significativamente por debajo de lo normal	3.72	4.56		4.14	74.99	Significativamente sobre lo normal
	Chicama (Salinar)	0.37	0.37	0.23	0.21	0.31	0.49	0.33	-84.12	Significativamente por debajo de lo normal	0.71	0.97		0.84	-65.89	Significativamente por debajo de lo normal
	Chicama (Tambo)	2.19	2.15	1.87	1.84	1.77	2.64	2.08	-34.95	Ligeramente por debajo de lo normal	3.77	3.77	4.43	3.99	-0.61	Normal
	Moche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal
Santa	47.34	48.31	51.98	57.24	52.23	58.33	52.57	21.17	Ligeramente sobre lo normal	52.56	47.78		50.17	2.02	Normal	
Pacífico Centro	Pativilca	11.05	10.75	9.67	9.87	8.73	11.83	10.32	-17.84	Ligeramente por debajo de lo normal	12.54	11.77	12.15	12.15	-14.74	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huaura	6.59	7.61	7.69	7.30	6.99	9.17	7.56	2.00	Normal	8.28	7.23	6.79	7.43	-17.07	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huaral	9.65	9.58	8.39	5.75	5.86	6.68	7.65	34.26	Ligeramente sobre lo normal	6.48	6.11	6.05	6.21	-1.33	Normal
	Chillon	2.07	2.10	2.25	2.18	2.11	2.26	2.16	22.07	Ligeramente sobre lo normal	2.14	1.54	1.57	1.75	-11.64	Normal
	Rímac	20.78	21.07	21.07	20.98	20.90	21.06	20.98	36.76	Ligeramente sobre lo normal	20.79	20.81	20.72	20.77	31.74	Ligeramente sobre lo normal
	Lurin		0.61	0.55	0.56	0.51	0.55	0.56	305.22	Significativamente sobre lo normal	1.04	0.84	0.67	0.85	360.37	Significativamente sobre lo normal
	Mala	1.56	1.34	1.45	1.77	1.85	2.05	1.67	22.31	Ligeramente sobre lo normal	2.80	2.80		2.80	90.35	Normal
	Cañete	18.17	17.06	16.60	17.96	18.85	18.77	17.90	68.88	Significativamente sobre lo normal	18.82	18.75	18.68	18.75	64.94	Significativamente sobre lo normal
	San Juan_Conta	1.22	1.12	1.07	0.97	0.95	0.83	1.03	-56.47	Significativamente por debajo de lo normal	1.25	1.29	1.29	1.28	-56.47	Significativamente por debajo de lo normal
	Pisco	5.27	5.55	4.01	2.71	2.54	1.89	3.66	0.49	Normal	5.34	4.34	3.64	4.44	132.97	Significativamente sobre lo normal
Pacífico Sur	Ica	1.98	5.10	5.11	6.80	7.09	7.05	5.52	213.11	Significativamente sobre lo normal	7.72	7.19		7.45	17.81	Ligeramente sobre lo normal
	Acari	0.61	0.54	0.45	0.51	0.46	0.45	0.50	-62.14	Significativamente por debajo de lo normal	0.50	0.51	0.45	0.49	-60.20	Significativamente por debajo de lo normal
	Yauca	0.64	0.50	3.18	4.93	0.99	0.76	1.83	876.32	Significativamente sobre lo normal	0.62	0.59	0.47	0.56	182.75	Significativamente sobre lo normal
	Ocoña	34.03	33.37	32.66	32.14	31.45	31.11	32.46	-17.37	Significativamente por debajo de lo normal	24.59	24.08	23.80	24.15	5.59	Normal
	Camana	29.21	26.76	26.12	25.46	25.73	25.04	26.39	7.36	Normal	24.59	24.08	23.80	24.15	5.59	Normal
	Chili	9.24	9.05	9.00	9.14	8.86	9.03	9.05	25.30	Ligeramente sobre lo normal	9.56	9.14	9.44	9.38	22.26	Ligeramente sobre lo normal
	Tambo La Pascana	7.56	7.34	7.39	6.94	6.84	6.39	7.08	-4.96	Normal	6.41	6.77	6.64	6.61	6.26	Normal
	Huaracane (Samatelo)	0.40	0.31	0.28	0.28	0.29	0.27	0.30	33.28	Ligeramente sobre lo normal	0.27	0.27		0.27	-13.77	Normal
	Torata	1.14	1.11	1.13	1.11	1.15	1.19	1.14	40.60	Ligeramente sobre lo normal						
	Tumilaca (Chivaya)	0.63	0.64	0.63	0.60	0.55	0.54	0.60	17.03	Ligeramente sobre lo normal	0.56	0.54		0.55	20.45	Ligeramente sobre lo normal
	Locumba	2.24	2.23	2.20	2.20	2.31	2.67	2.31	-5.08	Normal	2.76	2.75	2.74	2.75	15.79	Ligeramente sobre lo normal
	Sama	1.64	1.52	1.53	1.44	1.35	1.40	1.48	101.77	Significativamente sobre lo normal	1.29	1.42	1.43	1.38	102.22	Significativamente sobre lo normal
	Caplina	0.47	0.47	0.45	0.46	0.47	0.45	0.46	-8.71	Normal	1.12	0.55	0.61	0.76	68.04	Significativamente sobre lo normal

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)			Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Setiembre - 2024									Octubre - 2024					
Marañon	Marañon (Corral Quemado)	81.01	81.90	80.14	79.15	74.20	76.50	78.82	-63.97	Significativamente por debajo de lo normal	97.19	90.04	102.46	96.57	-98.00	Significativamente por debajo de lo normal
	Marañon (Cumba)	98.00	64.78	57.42	59.43	55.97	57.43	65.50	-58.29	Significativamente por debajo de lo normal	72.31	72.67	71.18	72.06	-61.89	Significativamente por debajo de lo normal
	Crisnejas	1.35	1.28	1.27	1.21	1.22	1.90	1.37	-61.77	Significativamente por debajo de lo normal	3.74	3.43	2.36	3.18	-61.63	Significativamente por debajo de lo normal
	Crisnejas (Jesus Tunel)	0.14	0.22	0.12	0.16	0.18	0.59	0.23	42.56	Ligeramente sobre lo normal	0.94	0.74	0.61	0.76	26.88	Ligeramente sobre lo normal
	Mashcom	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.29	0.11	-33.61	Ligeramente por debajo de lo normal	0.53	0.11	0.27	0.30	-26.87	Ligeramente por debajo de lo normal
	Namora	0.78	0.79	0.76	0.73	0.72	0.80	0.76	-17.70	Ligeramente por debajo de lo normal	0.90	0.85	0.98	0.91	-46.20	Ligeramente por debajo de lo normal
Rios Navegables Norte	Napo (Bella Vista)	2648.52	2078.84	2034.13	2319.48	2029.05	2325.24	2239.21	-56.59	Significativamente por debajo de lo normal	2071.88	1721.41	1814.39	1869.23	-65.89	Significativamente por debajo de lo normal
	Marañon (San Regis)	7311.85	6743.86	6446.40	6173.00	6037.16		6542.45	-31.97	Ligeramente por debajo de lo normal	6138.55	7206.69	7761.10	7035.45	-36.65	Ligeramente por debajo de lo normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	7465.53	7330.49	6990.20	6443.93	6226.48	6462.10	6819.79	-53.53	Significativamente por debajo de lo normal	6231.25	6942.69	7949.91	7041.28	-58.09	Significativamente por debajo de lo normal
Huallaga	Picota	606.49	646.74	543.91	655.82	613.75	641.71	618.07	-60.29	Significativamente por debajo de lo normal	860.02	828.15	827.02	838.40	-58.41	Significativamente por debajo de lo normal
	Rio Sisa	4.25	4.58	4.34	4.58	4.75	4.74	4.54	-117.39	Significativamente por debajo de lo normal	6.33	5.93	5.44	5.90	-131.56	Significativamente por debajo de lo normal
	Huallaga (Huallabamba)	261.04	166.47	87.04	143.51	133.88	119.97	151.98	-58.12	Significativamente por debajo de lo normal	378.54	256.84	289.27	308.21	-18.49	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (Tocache)	261.04	236.10	223.99	249.50	225.12	248.48	240.71	-32.12	Ligeramente por debajo de lo normal	308.66	306.62	290.56	301.95	-56.45	Significativamente por debajo de lo normal
	Huallaga (Tingo Maria)	99.38	100.16	95.84	101.03	93.76	109.18	99.89	-24.30	Ligeramente por debajo de lo normal	125.02	109.25	118.65	117.64	-44.59	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (taruca)	14.89	14.58	12.97	13.21	12.86	13.61	13.69	-24.98	Ligeramente por debajo de lo normal	14.06	14.04	13.50	13.87	-41.43	Ligeramente por debajo de lo normal
Rios Navegables Centro	Ucayali _ANA (msnm)	138.00	137.80	137.80	137.80	137.84	137.76	137.83	-0.62	Normal	138.53	138.25	138.10	138.29	-0.85	Normal
	Ucayali _ SENAMHI (msnm)	138.15	137.23	136.98	136.86	137.07	136.94	137.21	-1.01	Normal	138.14	138.35		138.24	-0.58	Normal
	Contamana (msnm)	123.69	123.18	123.12	122.98	123.18	123.12	123.21	-0.66	Normal	123.31	123.91	123.81	123.68	-0.64	Normal
	Requena (msnm)	118.08	117.88	117.79	117.75	117.85	117.81	117.86	-0.96	Normal	118.02	118.33	118.50	118.28	-0.95	Normal
Mantaro	Pongor	107.26	103.98	91.34	99.24	99.26	99.66	100.12	-2.12	Normal	105.69	102.03	93.27	100.33	-2.33	Normal
	La Mejorada	96.78	94.95	89.57	91.01	91.06	93.60	92.83	-1.64	Normal	94.63	93.40	88.81	92.28	-6.70	Normal
	Stuart	28.28	27.49	24.91	26.92	26.87	30.03	27.42	-48.47	Ligeramente por debajo de lo normal	25.94	28.44	27.00	27.13	-53.70	Significativamente por debajo de lo normal
	Chulec	36.59	34.51	28.08	38.00	38.03	40.28	35.92	-8.39	Normal	39.86	39.51	39.32	39.56	-12.47	Normal
Apurimac	Antabamba	4.83	4.02	3.43	3.43	3.43	3.43	3.76	-83.64	Significativamente por debajo de lo normal	3.43	3.43	3.43	3.43	-86.26	Significativamente por debajo de lo normal
Urubamba Vilcanota	Estación Egemsa Km 105	36.83	36.09	35.71	38.17	37.74	44.45	38.17	7.98	Normal	42.84	41.39	41.56	41.93	8.59	Normal
	Pisac	29.45	29.07	30.09	32.43	30.96	37.08	31.51	24.37	Ligeramente sobre lo normal	37.51	32.82	33.89	34.74	19.81	Ligeramente sobre lo normal
Rios Navegables sur	Madre de Dios	1127.38	1092.41	1049.32	1040.63	1034.82	1001.52	1057.68	-26.28	Ligeramente por debajo de lo normal	1069.52	1088.11	1104.99	1087.54	-29.71	Ligeramente por debajo de lo normal
Titicaca	Huancane	1.26	1.29	1.19	1.23	1.28	1.31	1.26	-41.93	Ligeramente por debajo de lo normal	1.41	1.65	1.62	1.56	-36.10	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ramis	4.73	4.43	4.11	4.11	3.84	3.69	4.15	-54.53	Significativamente por debajo de lo normal	3.88	3.65	3.60	3.71	-58.51	Significativamente por debajo de lo normal
	Ilave	3.63	3.33	3.22	3.06	2.85	2.75	3.14	-40.56	Ligeramente por debajo de lo normal	2.87	3.04	2.85	2.92	-43.45	Ligeramente por debajo de lo normal
	Coata	0.89	0.72	0.68	1.07	1.37	1.52	1.04	-73.31	Significativamente por debajo de lo normal	1.12	1.00	0.93	1.02	-82.22	Significativamente por debajo de lo normal

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

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 15 de octubre del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	15-Oct	Piura	445.5	94.6	21.2
	San Lorenzo	15-Oct	Piura	195.6	59.8	30.6
	Tinajones	15-Oct	Lambayeque	331.6	102.9	31.0
	Gallito Ciego	15-Oct	La Libertad	366.1	228.7	62.5
	SUB TOTAL			1338.7	486.0	36.3
Costa - Centro	Viconga	15-Oct	Lima	30.0	0.1	0.3
	Sistema Rímac	30-Set	Lima, Junín	282.4	179.8	63.7
	Choclococha	15-Oct	Ica	131.1	93.5	71.3
	Ccaracocha	15-Oct	Ica	40.0	25.6	64.0
	SUB TOTAL			483.5	299.0	61.8
Costa - Sur	Condorama	15-Oct	Arequipa	259.0	152.8	59.0
	El Pañe	15-Oct	Arequipa	99.6	74.1	74.4
	Dique Los Españoles	15-Oct	Arequipa	9.1	1.1	12.1
	Pillones	15-Oct	Arequipa	78.5	67.5	86.0
	El Frayle	15-Oct	Arequipa	127.2	74.4	58.5
	Aguada Blanca	15-Oct	Arequipa	30.4	12.2	40.1
	Chalhuanca	15-Oct	Arequipa	25.0	14.8	59.2
	Bamputañe	15-Oct	Arequipa	40.0	22.9	57.3
	Pasto Grande	15-Oct	Moquegua	200.0	140.4	70.2
	Paucarani	15-Oct	Tacna	10.5	7.8	74.3
	Laguna Aricota	15-Oct	Tacna	280.0	203.2	72.6
	Jarumas	15-Oct	Tacna	13.0	12.2	93.8
SUB TOTAL			1172.4	783.4	66.8	
Sierra - Centro	Cuchoquesera	15-Oct	Ayacucho	80.0	31.0	38.8
	Lago Junin	15-Oct	Junin	314.7	100.6	32.0
	SUB TOTAL			394.7	131.6	33.3
Sierra - Sur	Lagunillas	15-Oct	Puno	585.1	457.5	78.2
	Sibinacocha	15-Oct	Cusco	110.0	45.70	41.5
	SUB TOTAL			695.1	503.2	72.4
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	2,203.2	53.9

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	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.93	-0.93	-0.76	-0.39	0.00	0.26	0.33	0.24	-----	-----
CanESM5	-0.49	-0.55	-0.55	-0.47	-0.40	-0.31	-0.23	-0.12	-0.02	0.06
GEM5_NEMO	-0.55	-0.74	-0.80	-0.66	-0.51	-0.45	-0.40	-0.35	-0.29	-0.27
NASA	-1.23	-1.56	-1.63	-1.40	-1.09	-0.81	-0.61	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.26	-0.33	-0.33	-0.24	-0.09	0.02	0.09	0.09	0.08	0.03
COLA-CCSM4	-0.69	-0.85	-1.02	-1.00	-0.73	-0.39	-0.11	0.04	0.13	0.20
COLA_CESM	-0.67	-0.77	-0.88	-0.88	-0.73	-0.56	-0.41	-0.27	-0.16	-0.08
Promedi										
NMME	-0.69	-0.82	-0.85	-0.72	-0.51	-0.32	-0.19	-0.06	-0.05	-0.01

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	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.35	-0.33	-0.35	-0.19	0.09	0.27	0.36	0.45	-----	-----
CanESM5	-0.02	-0.03	-0.09	-0.10	-0.06	0.01	0.10	0.19	0.27	0.30
GEM5.2_NEMO	-0.18	-0.12	-0.10	-0.08	-0.13	-0.18	-0.23	-0.18	-0.14	-0.10
NASA	-0.48	-0.47	-0.48	-0.52	-0.56	-0.49	-0.28	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.01	0.09	0.15	0.23	0.24	0.33	0.39	0.48	0.42	0.29
COLA-CCSM4	-0.38	-0.16	-0.13	-0.22	-0.31	-0.24	0.09	0.48	0.74	0.79
COLA_CESM	-0.39	-0.27	-0.26	-0.28	-0.37	-0.38	-0.32	-0.17	-0.05	0.00
Promedio										
NMME	-0.26	-0.18	-0.18	-0.17	-0.16	-0.10	0.02	0.21	0.25	0.26

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre noviembre y mayo 2025.

Pacífico central	Noviembre(%)	Diciembre(%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	1	0	0	0	0
Fría moderada	1	3	5	2	0	0	0
Fría débil	51	52	54	52	51	44	37
Neutro	48	45	41	46	48	52	55
Cálida débil	0	0	0	0	1	4	8
Cálida moderado	0	0	0	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre noviembre y abril 2025.

Pacífico central	Noviembre(%)	Diciembre(%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	3	2	1	1	0	0	0
Fría débil	37	35	30	23	19	18	16
Neutro	59	61	65	67	67	68	69
Cálida débil	1	2	4	8	12	13	14
Cálida moderado	0	0	0	1	2	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña costeros (región Niño 1+2, frente a la costa norte y centro del Perú) para el verano diciembre 2024-marzo 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	20
Neutro	67
El Niño Débil	11
El Niño Moderado	1
El Niño Fuerte	0
El Niño Extraordinario	0

Tabla 11. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) para el verano diciembre 2024-marzo 2025.

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	2
La Niña Débil	52
Neutro	46
El Niño Débil	0
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Muy fuerte	0

6.2. Figuras

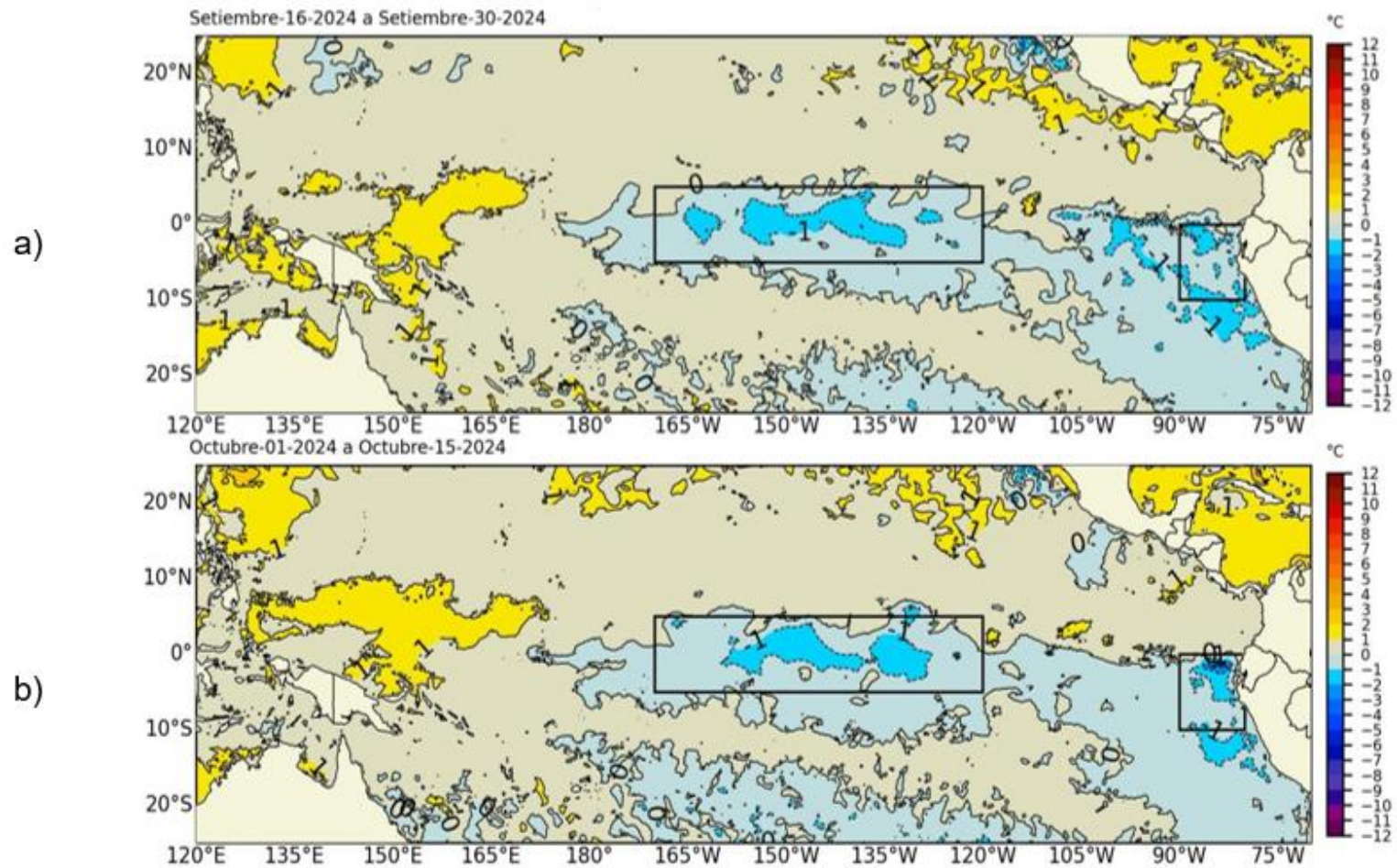


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 16 al 30 de setiembre 2024, y b) 01 al 15 de octubre 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

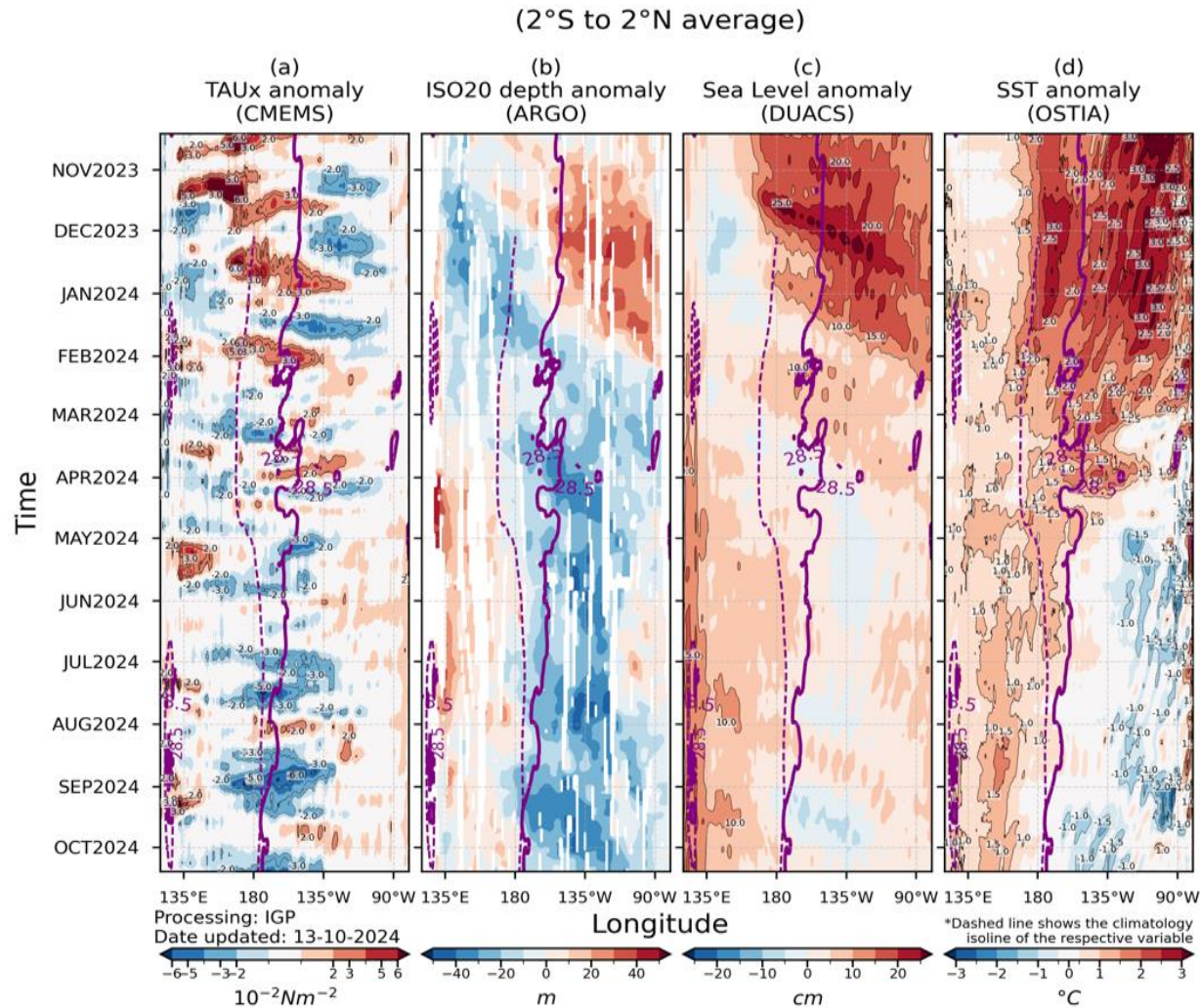


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: CMEMS, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

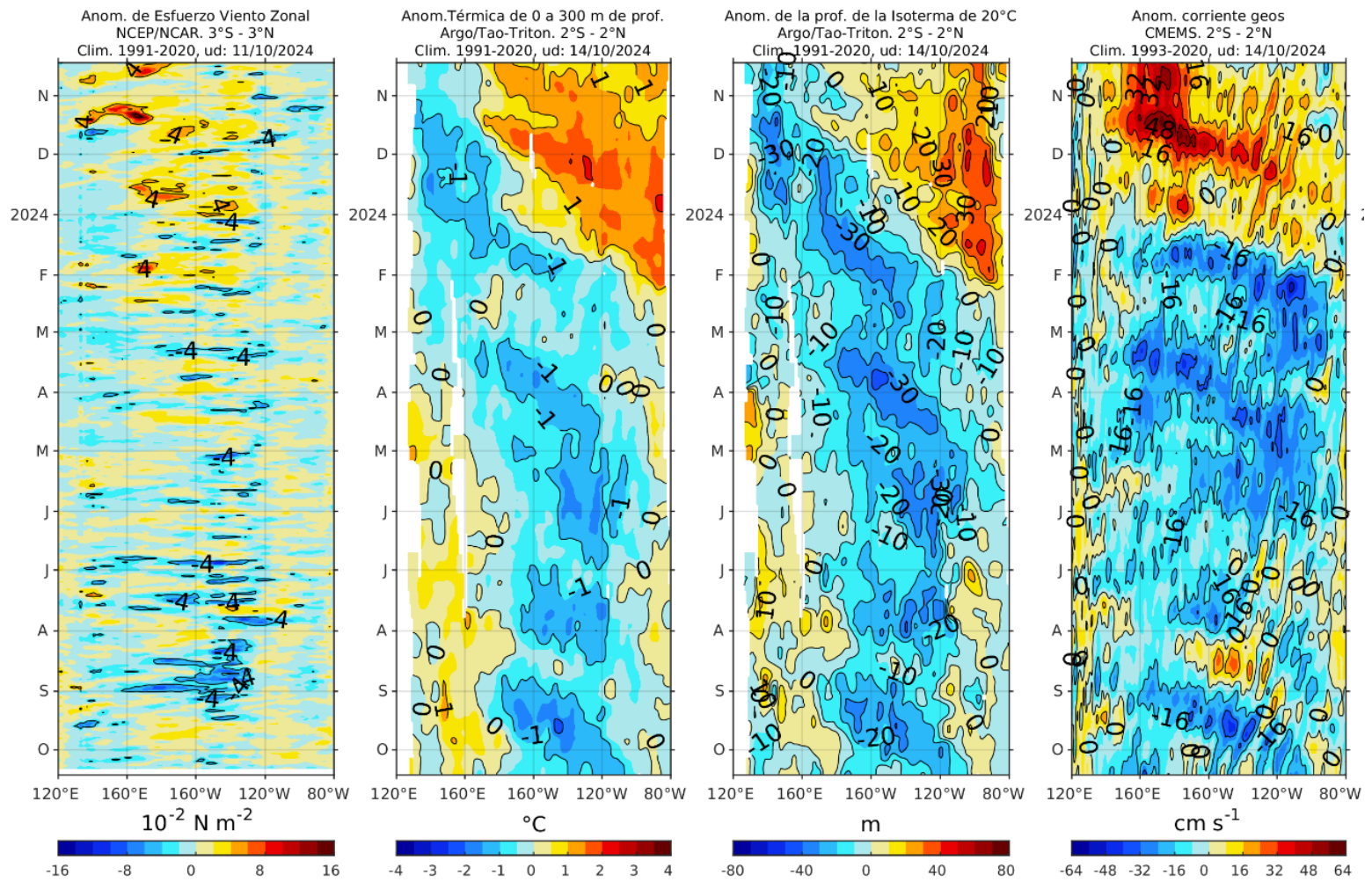


Figura 3. Diagrama Hovmöller de a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ECMWF-ASCAT; b) anomalía térmica sobre los 300 m de profundidad. Fuente: ARGO; c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO; d) anomalía de corrientes geostroféicas (cm). Fuente: CMEMS. Fuente: OISST V2.1. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

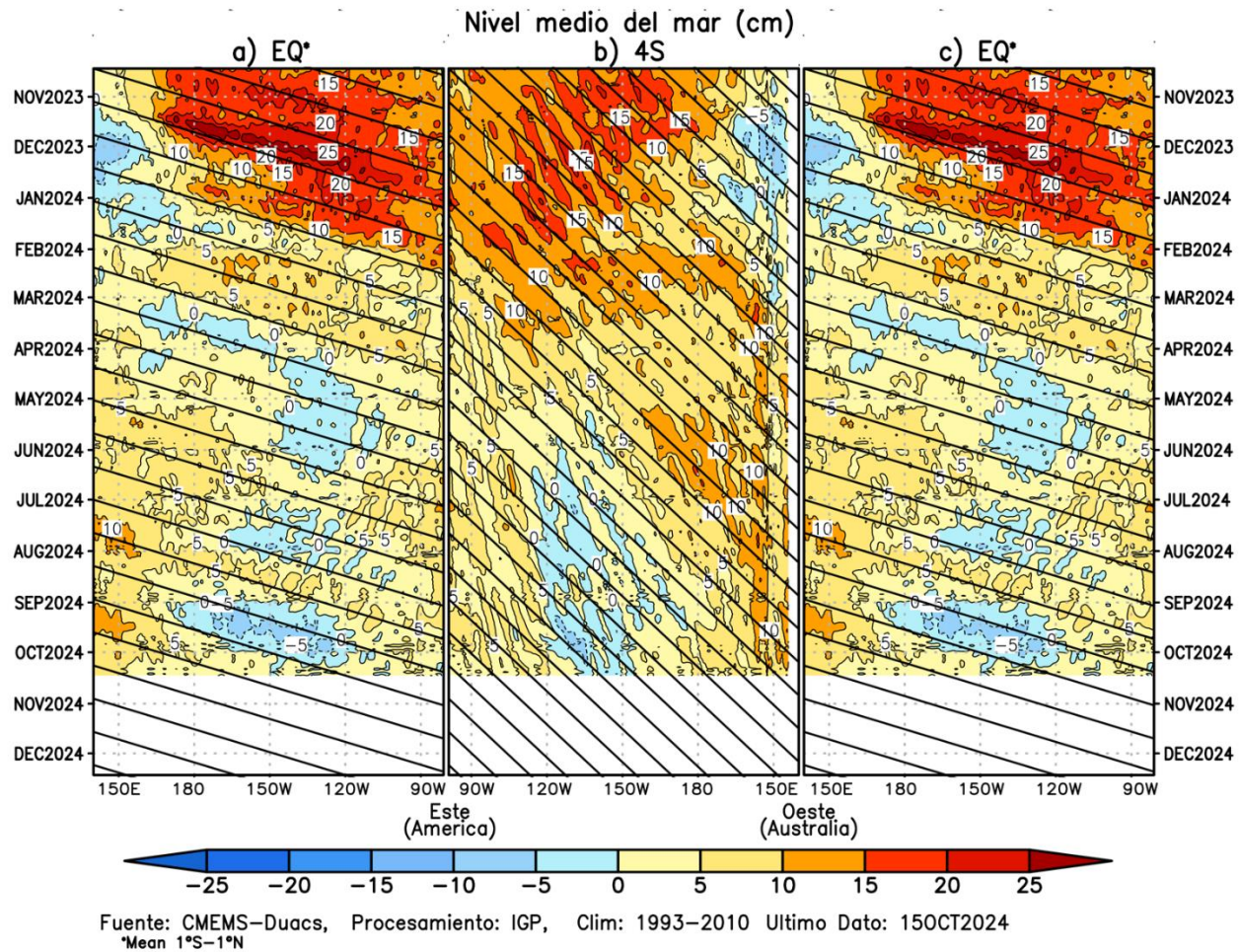


Figura 4. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS–Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

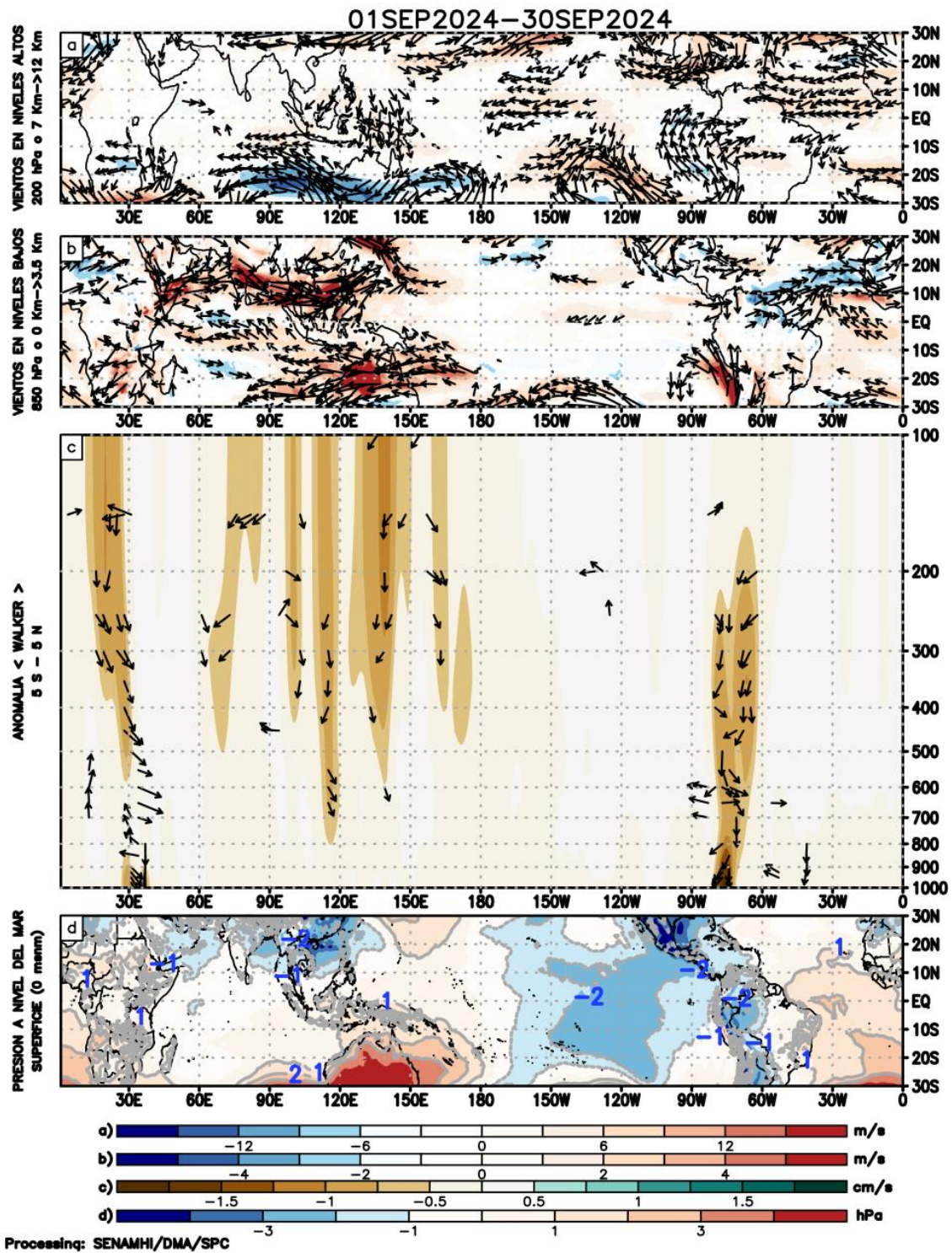
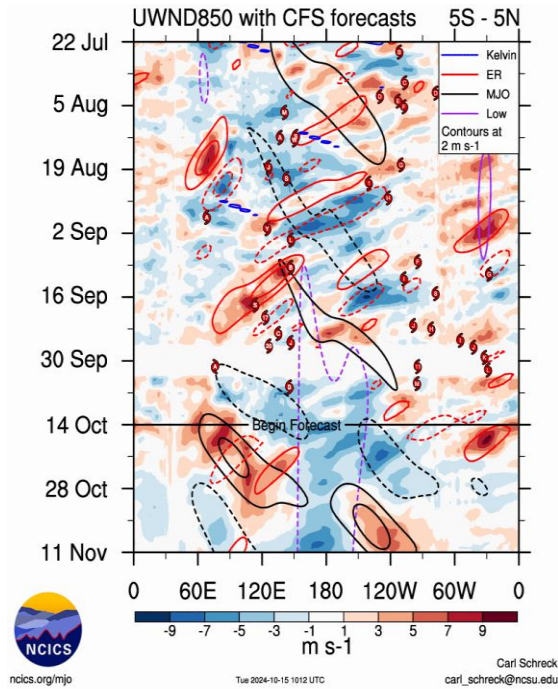


Figura 5. Patrones de la circulación atmosférica tropical entre el mes de setiembre 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías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

a)



b)

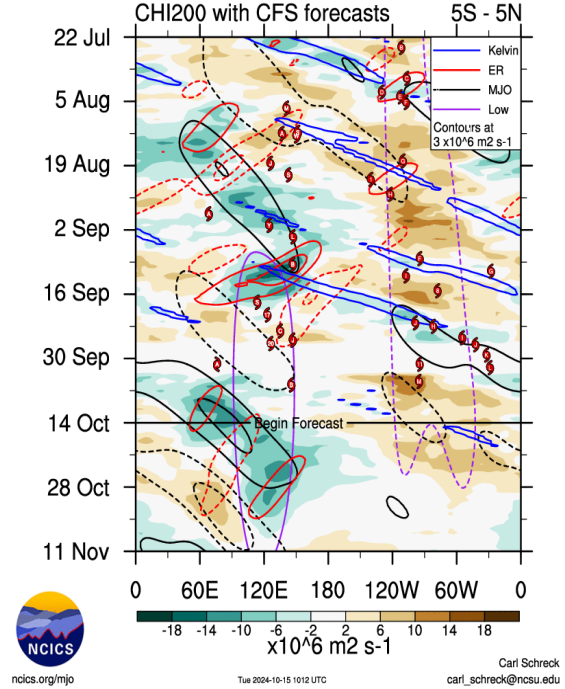
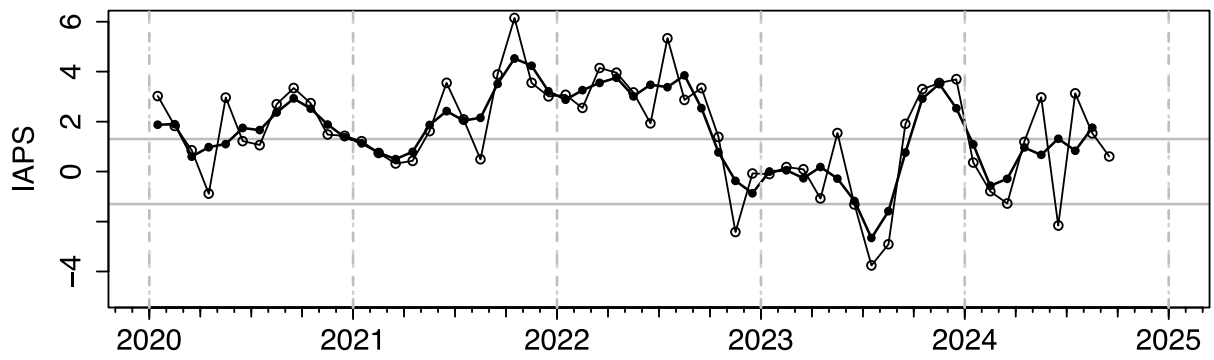
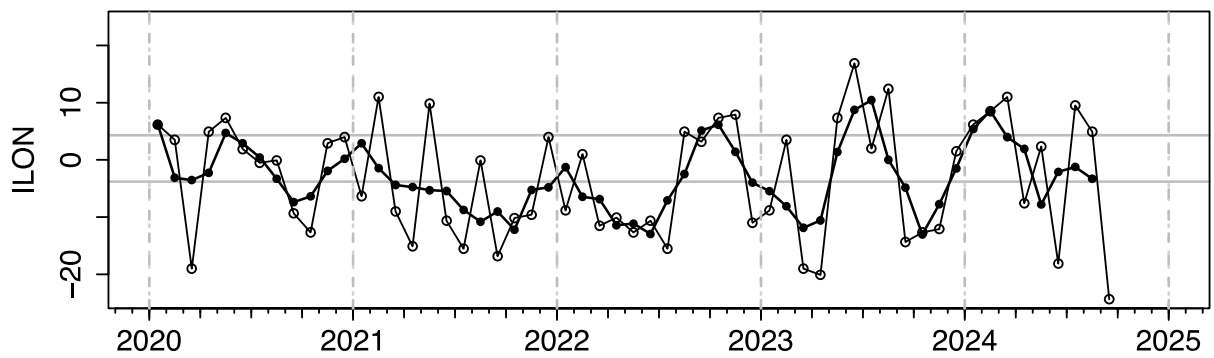


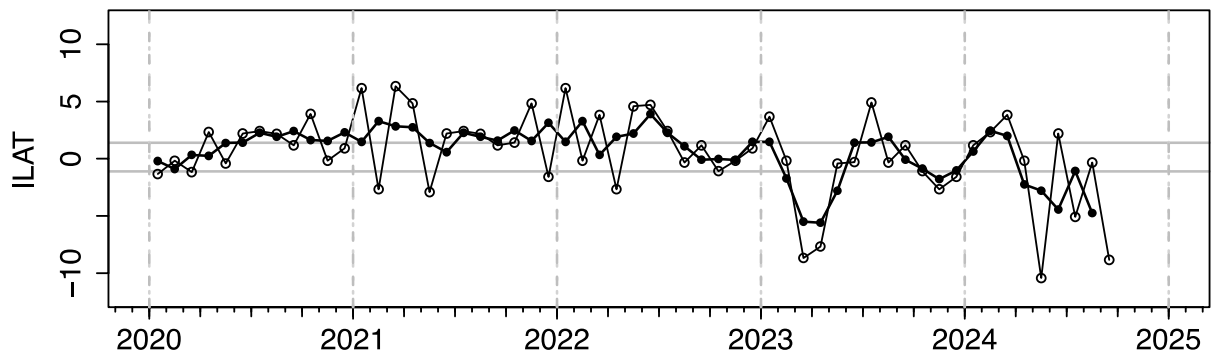
Figura 6. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S y de julio a noviembre del 2024, del (a) viento zonal en 850 hPa y (b) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas negras (a y b) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: NCICS-NOAA.



(a)



(b)



(c)

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

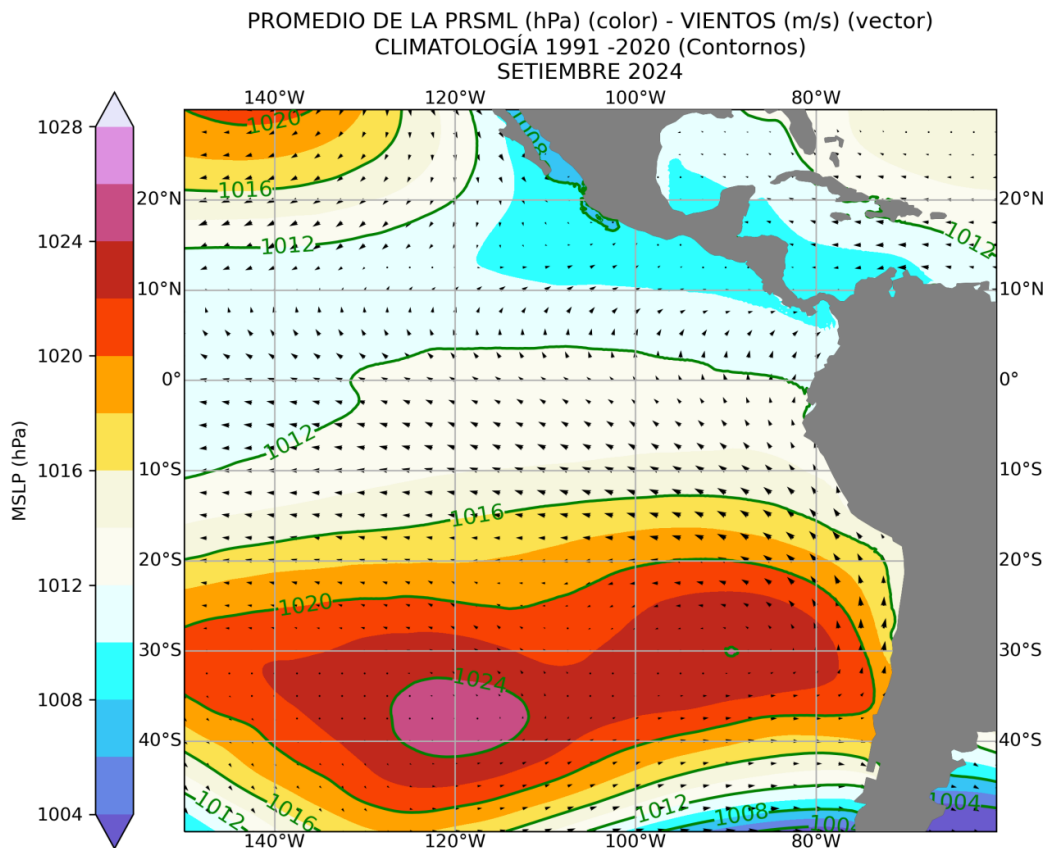


Figura 8. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 30 de setiembre de 2024. Presión promedio en matiz de colores y presión atmosférica en línea verde. Fuente: ECMWF. Procesamiento: SENAMHI.

Pronóstico Semanal Promediado de Presión y Vientos - Octubre 2024

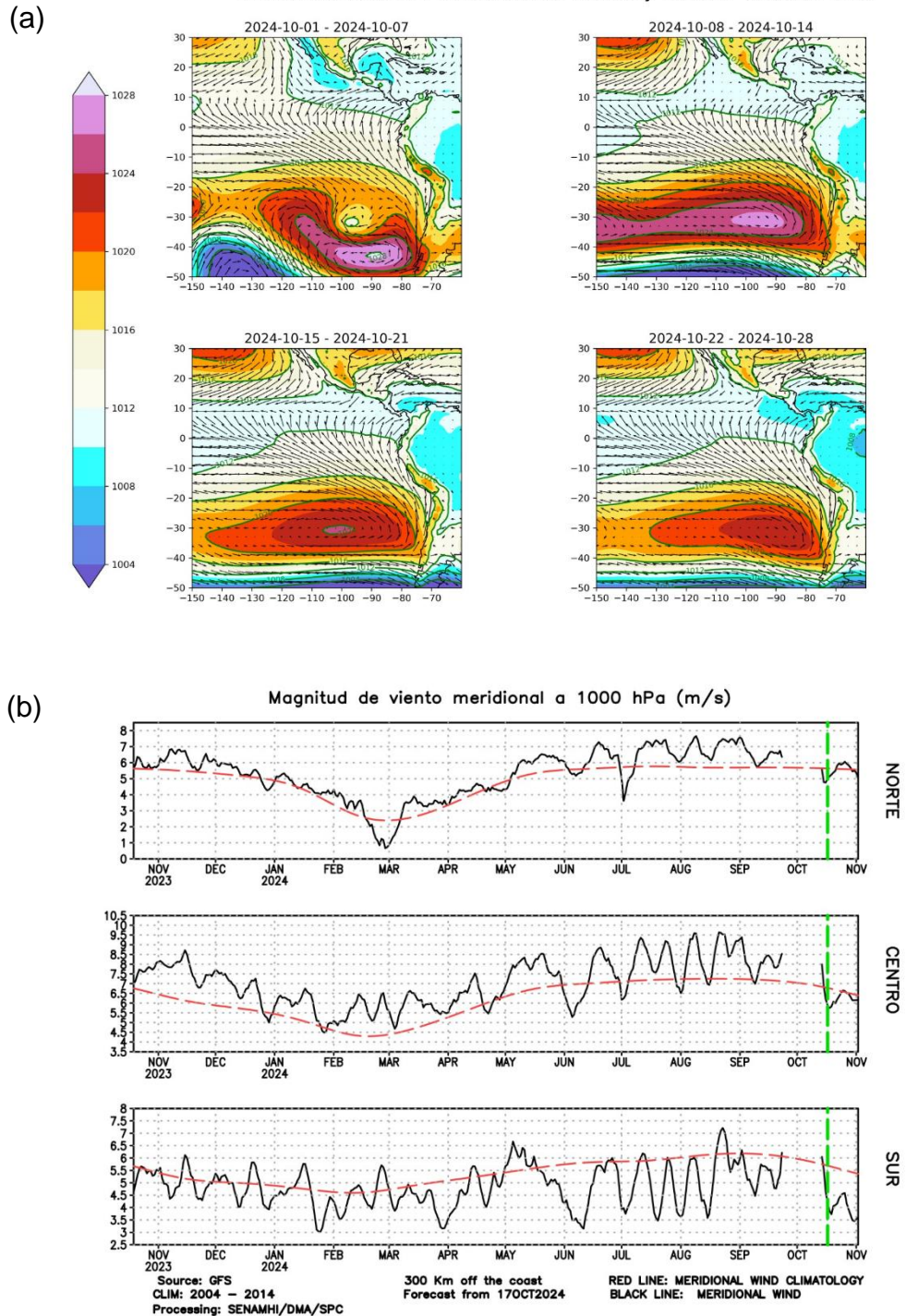


Figura 9 (a). Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis del 1 al 14 de octubre de 2024. Pronóstico del 15 al 28 de octubre del 2024 (pronóstico). Fuente: ECMWF. Procesamiento: SENAMHI. (b). Magnitud de viento meridional a 1000 hPa (m/s), 300km fuera de la costa (línea negra sólida). Climatología 2004-2014 (línea roja discontinua). Análisis: octubre 2023 - octubre 2024. Pronóstico del 17 de octubre al 2 de noviembre del 2024. Fuente GFS - Procesamiento SENAMHI - SPC.

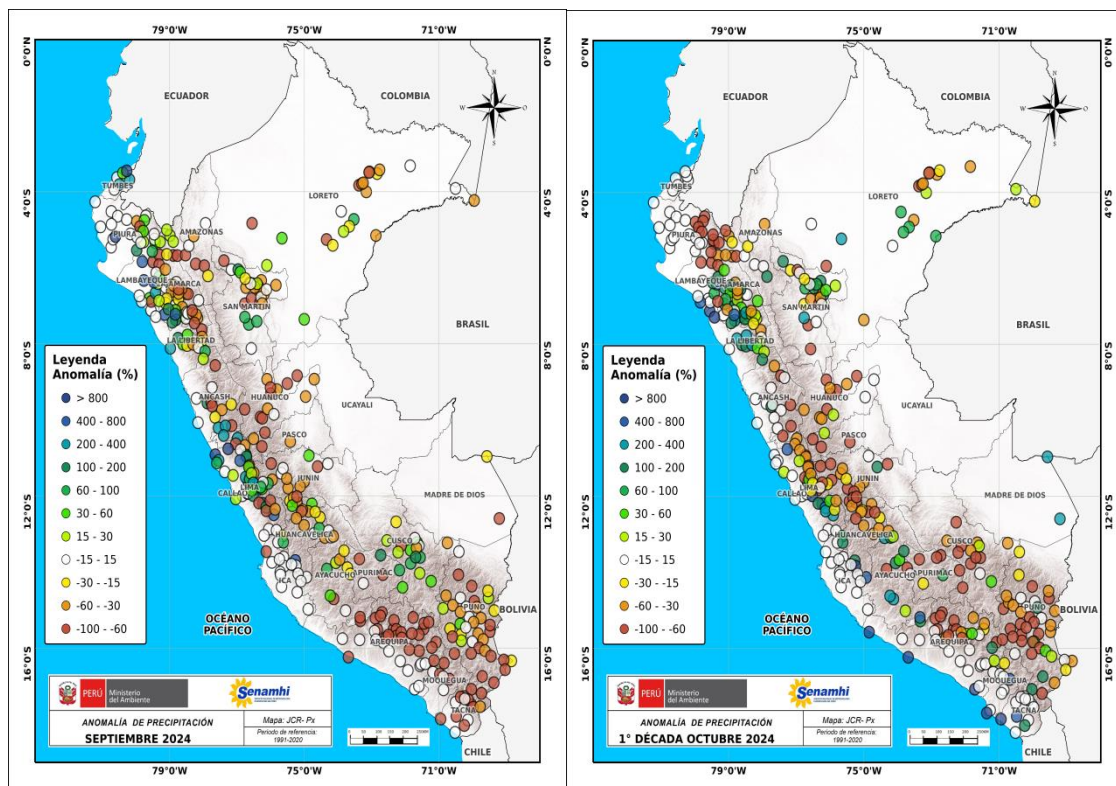


Figura 10. Anomalia mensual de precipitación (%) para el mes de setiembre (izq.) y 1-10 de octubre (der.) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

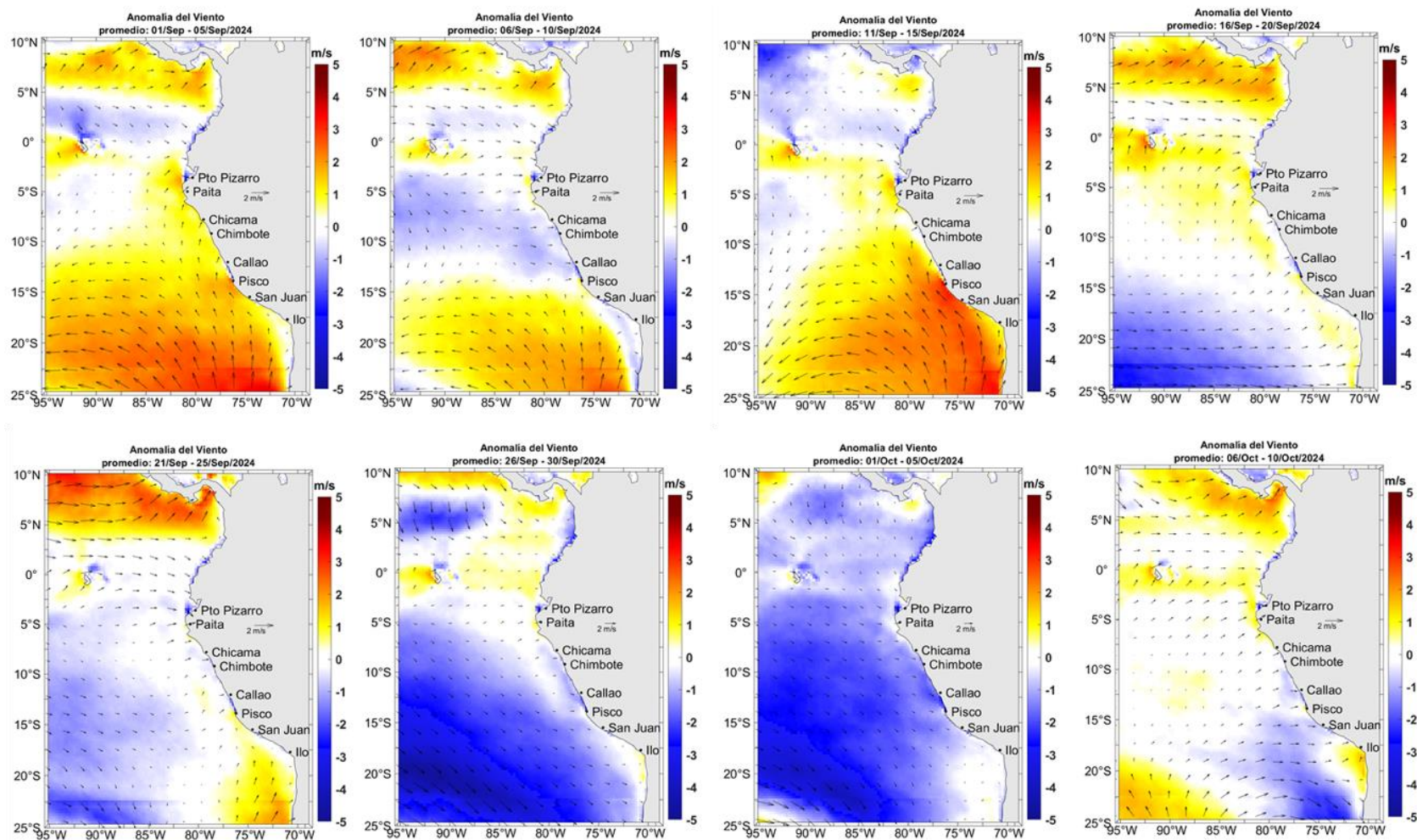
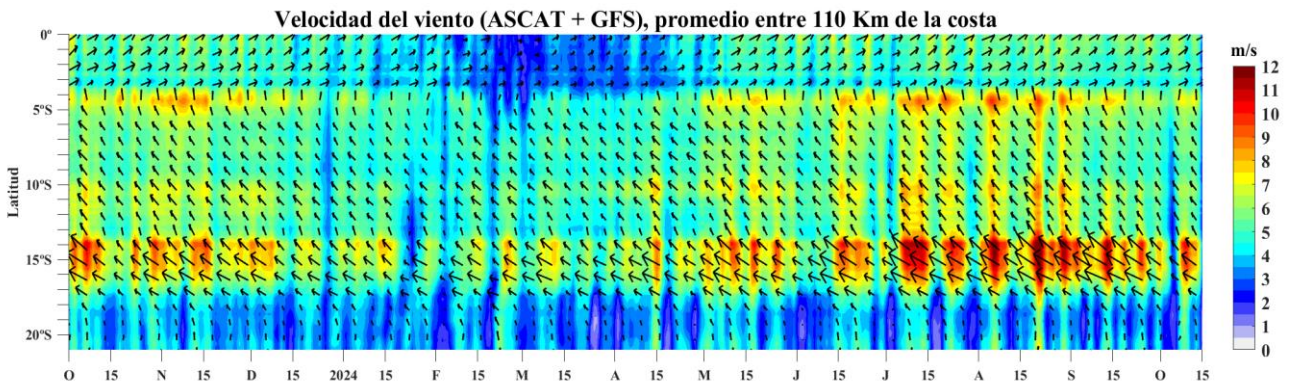


Figura 11. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de setiembre al 10 de octubre 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE.

a)



b)

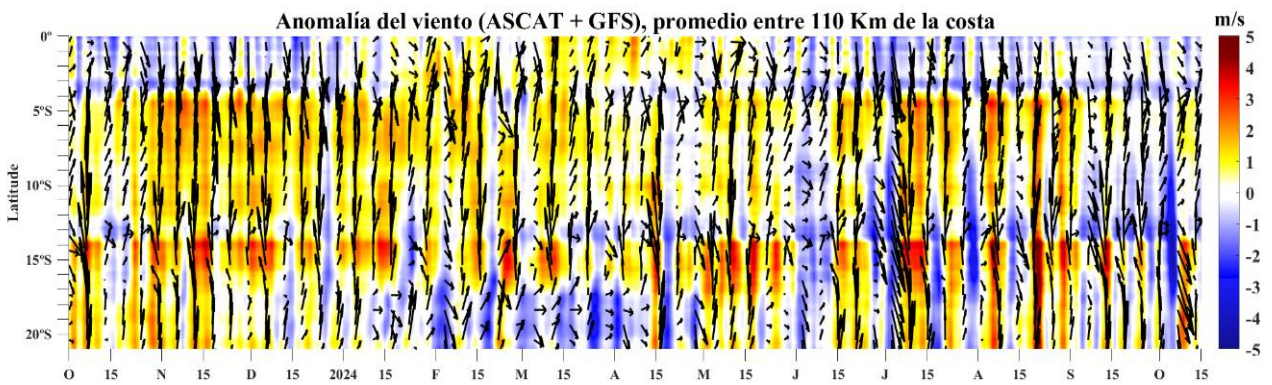


Figura 12. Viento satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 15 de octubre.

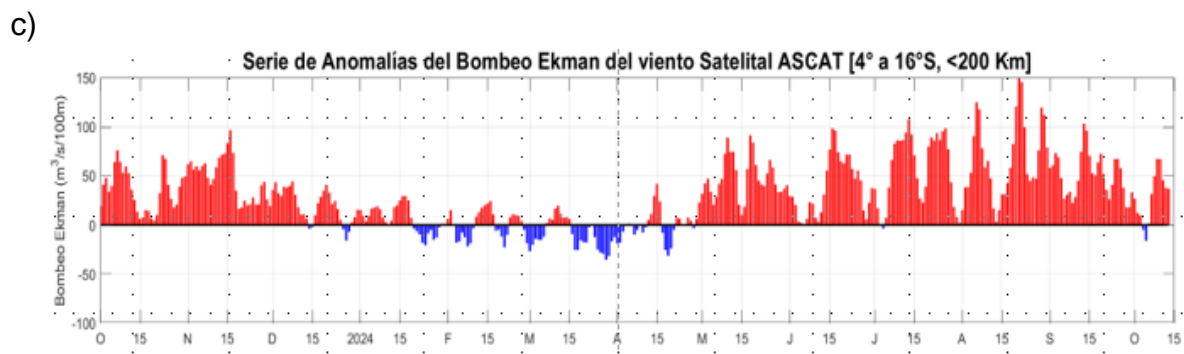
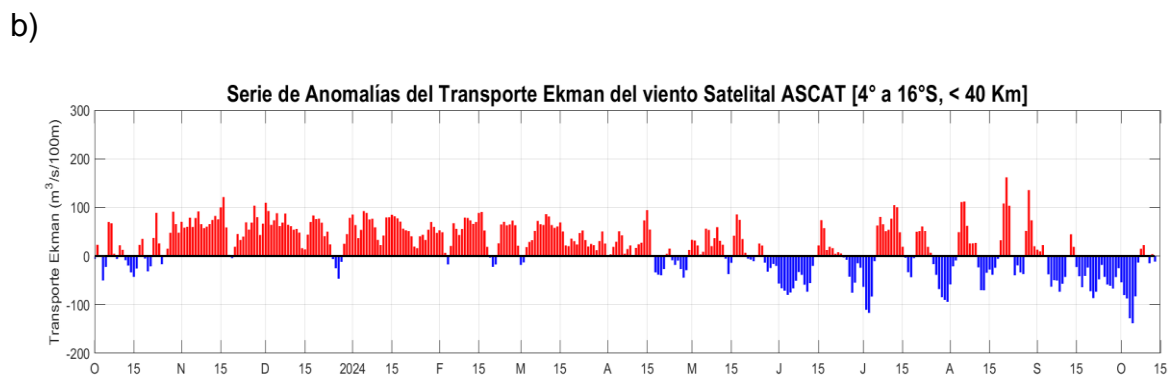
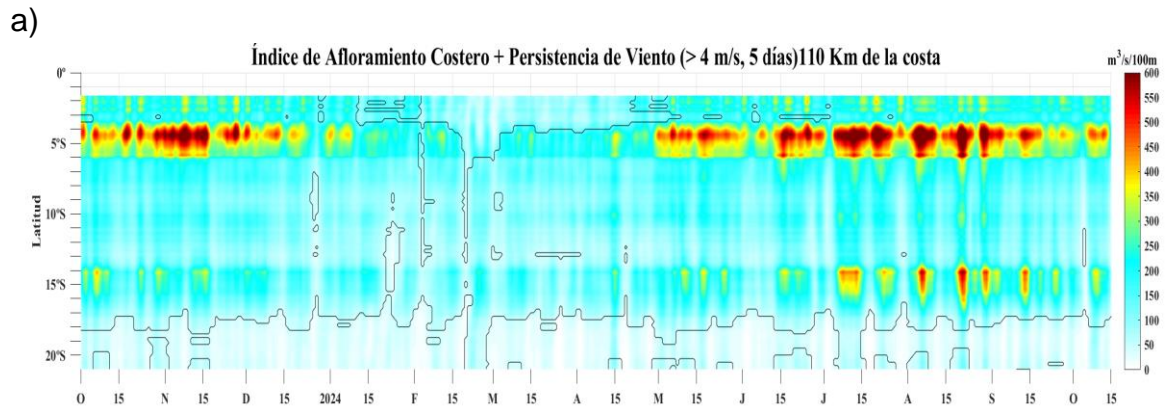


Figura 13. Índice de afloramiento costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de afloramiento costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalía del transporte Ekman ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del bombeo Ekman dentro de los 200 km ($m^3 s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 15 de octubre.

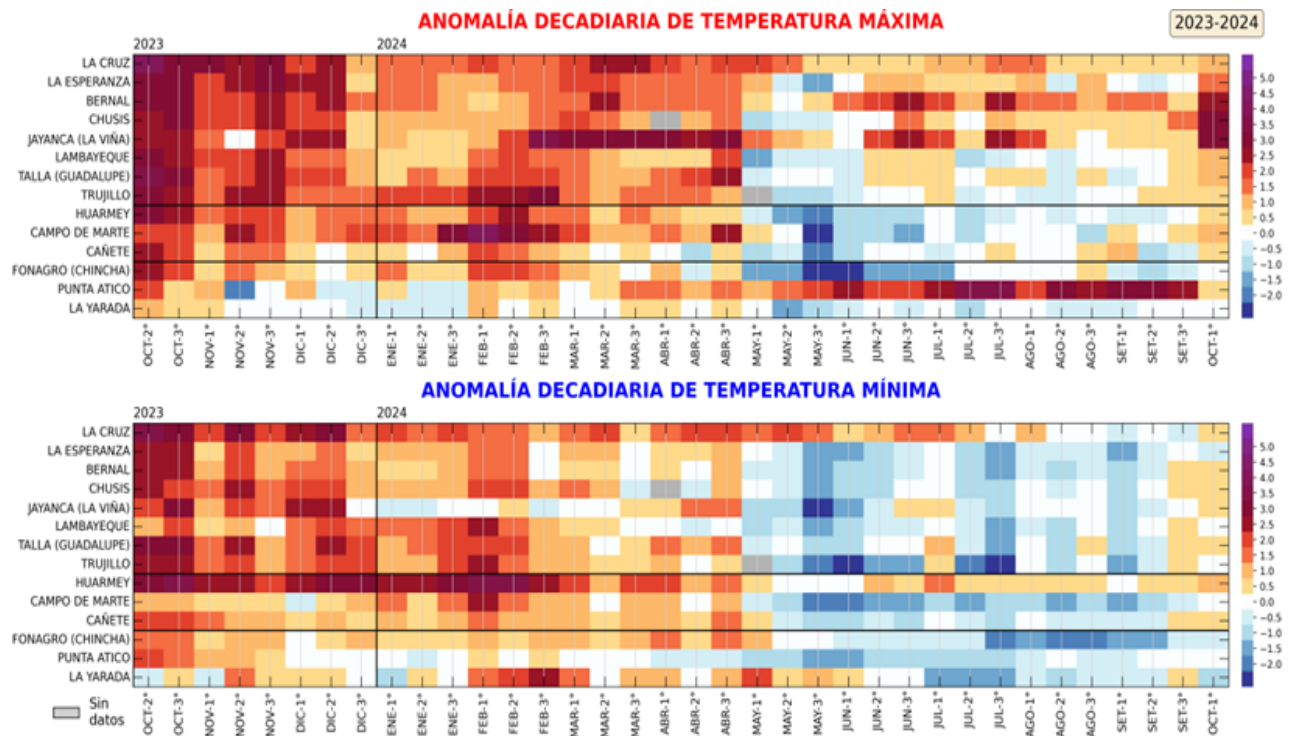


Figura 14. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

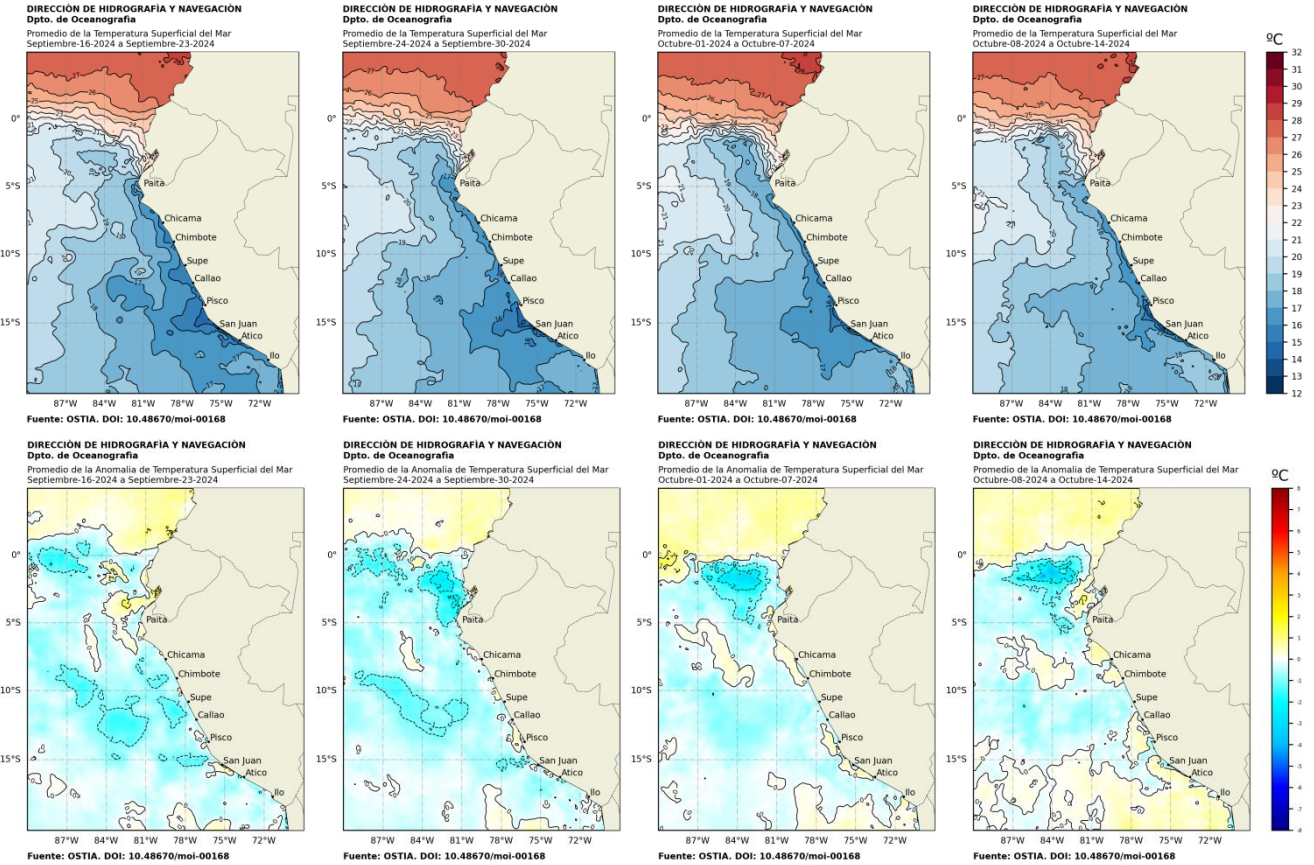
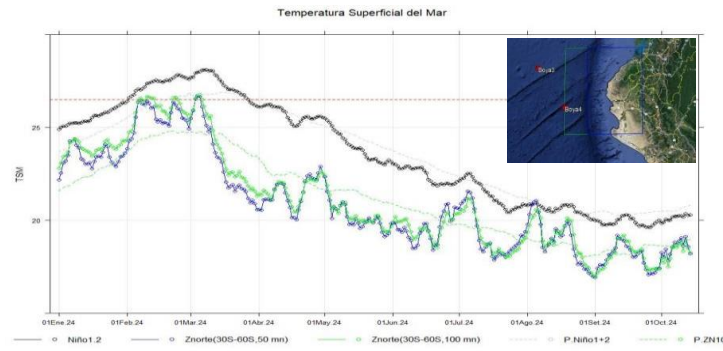


Figura 15. Distribución semanal de temperatura superficial del mar (TSM) y su anomalía, del 16 de setiembre 2024 al 14 de octubre 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

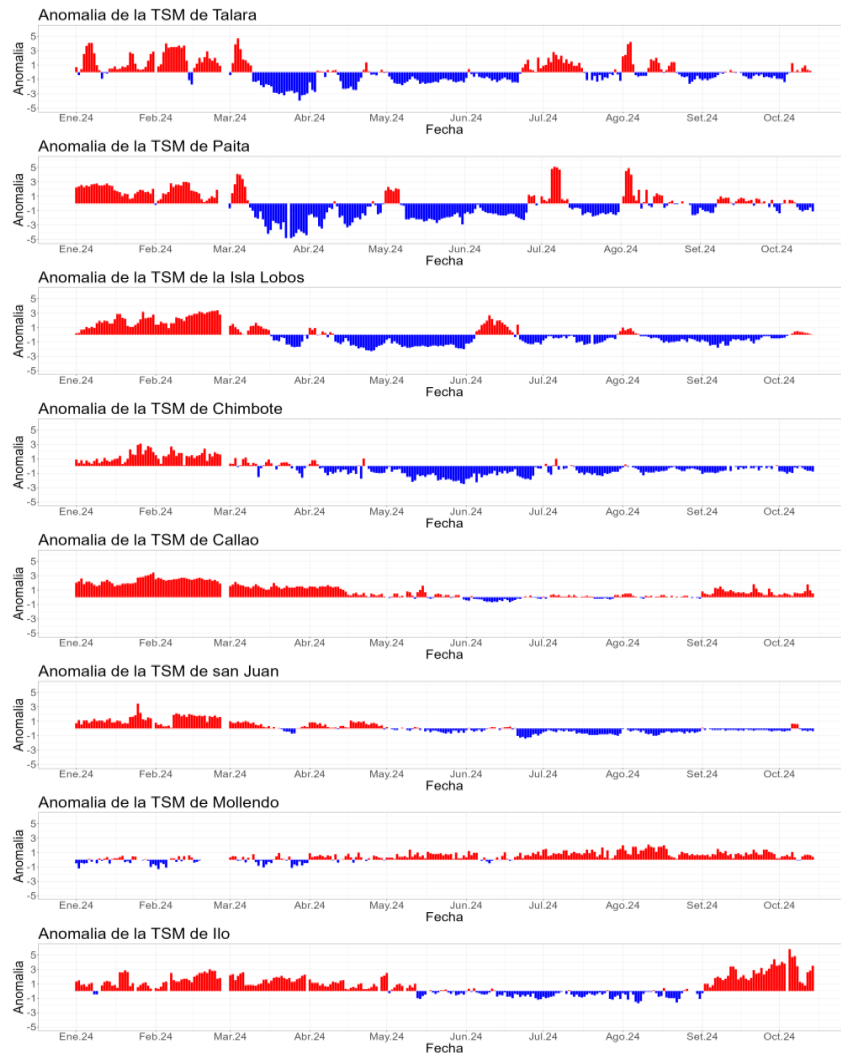
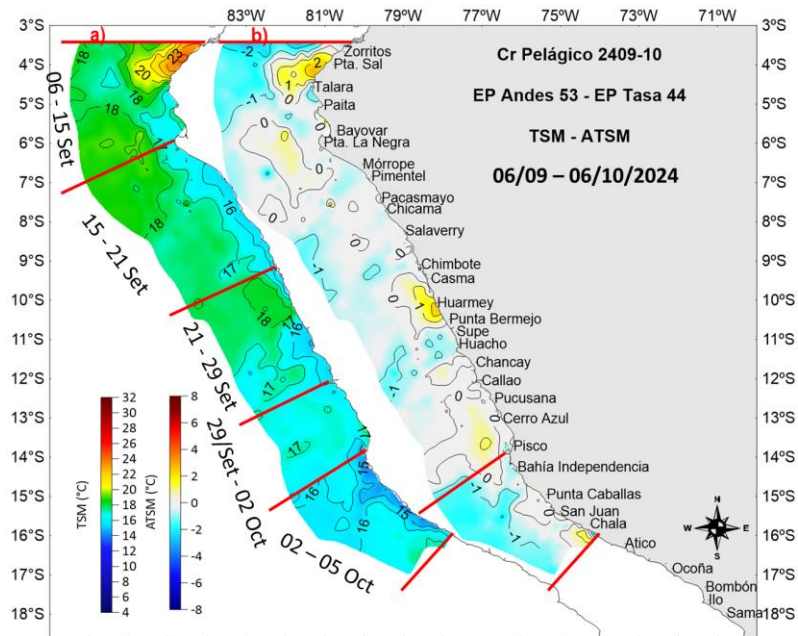


Figura 16. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S – 6°S a 50 mn (línea azul) y 100 mn (línea verde) desde enero 2024 al 13 de octubre 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 15 de octubre 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

a)



b)

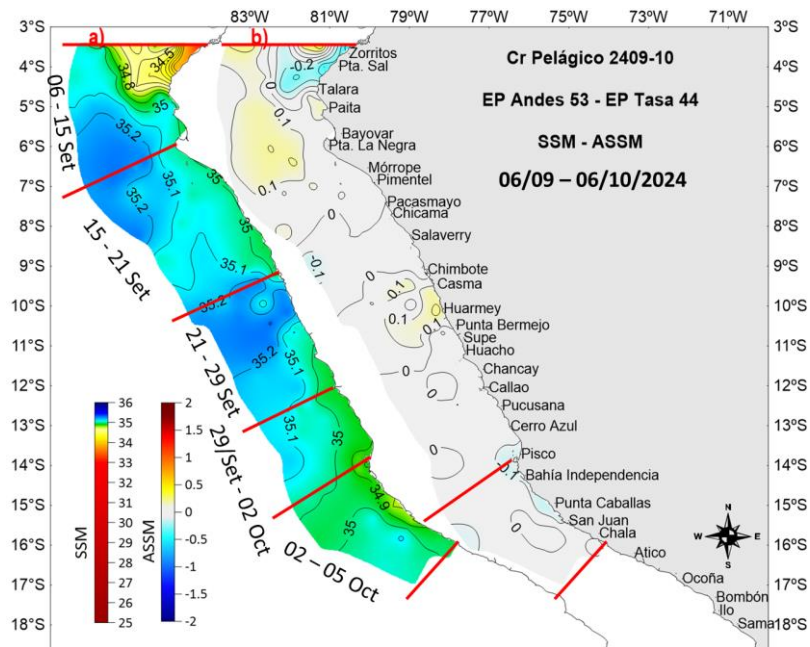


Figura 17. Distribución espacial de la a) Temperatura superficial del mar y sus anomalías; y b) Salinidad superficial del mar y sus anomalías, registrados durante el Crucero Cr. 2409-10, EP Andes 53 (Copeinca) y EP Tasa 44 (TASA), periodo del 6 de setiembre al 6 de octubre.

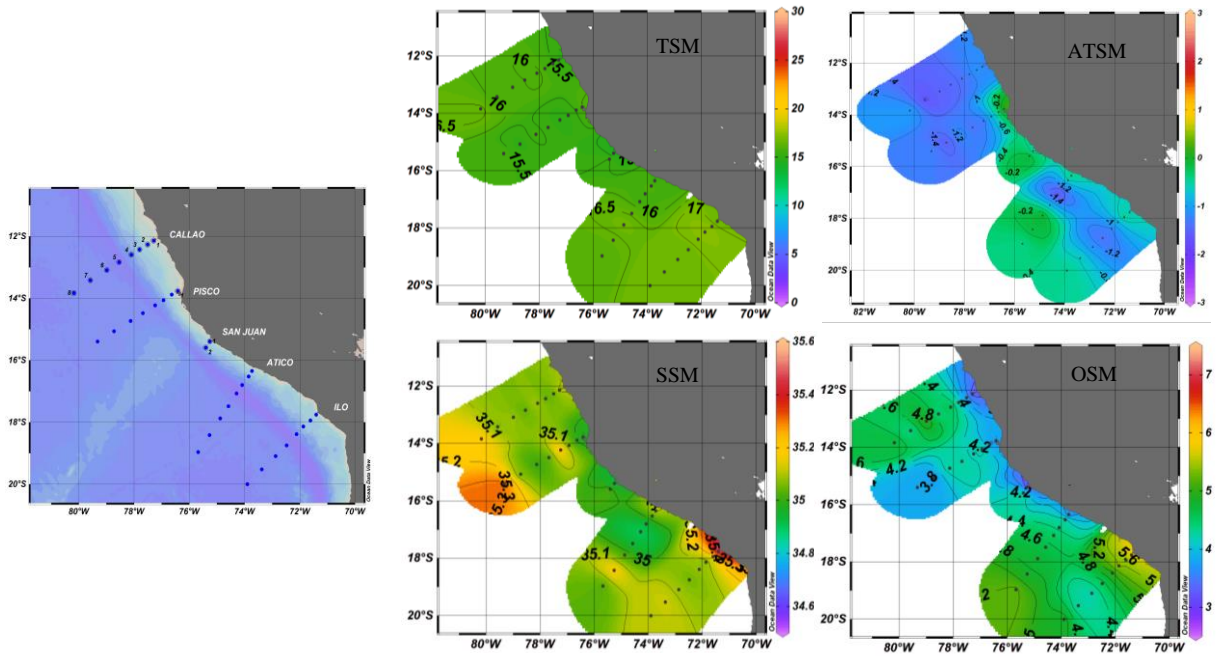
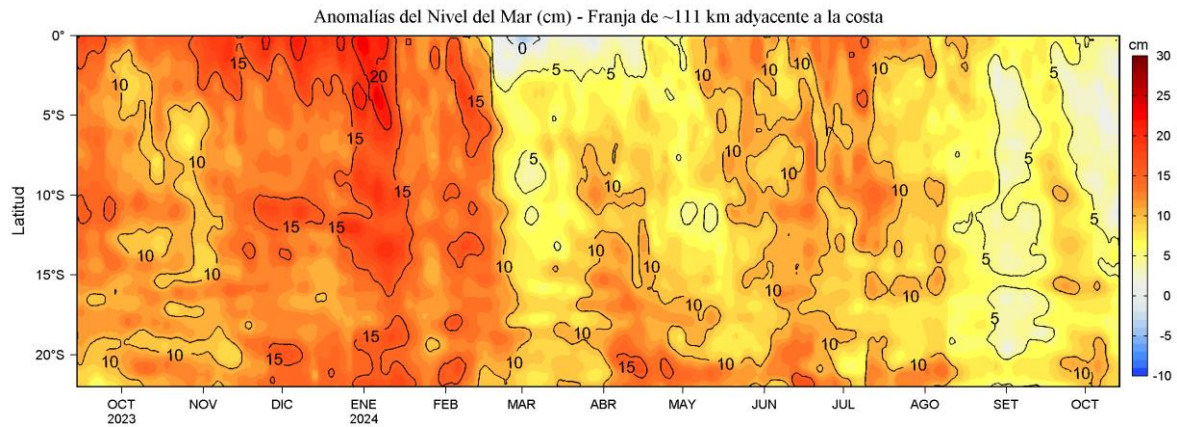


Figura 18. Distribución espacial en superficie de temperatura, anomalía de temperatura, salinidad y oxígeno registradas frente a Callao e Ilo, registrados entre el 02 y 14 de setiembre. Fuente: DIHIDRONAV.

a)



b)

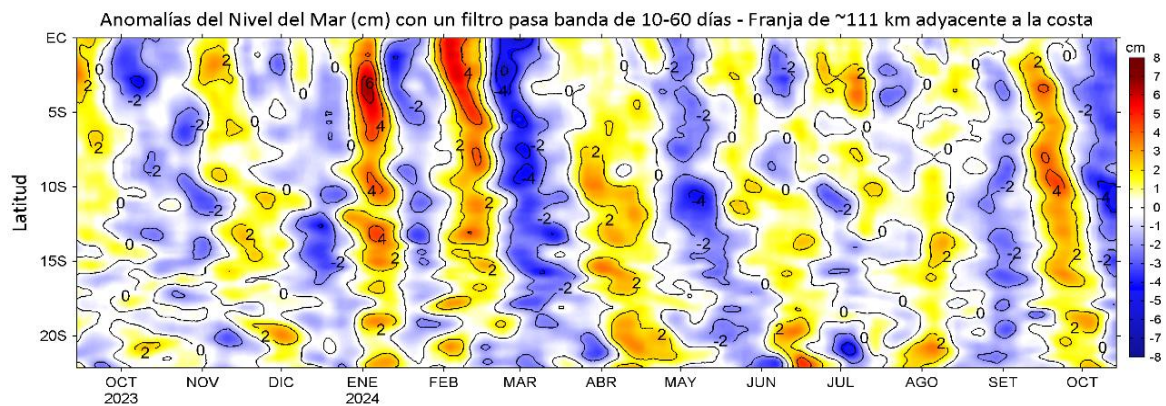


Figura 19. Evolución diaria de las a) Anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-60 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 14 de octubre del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

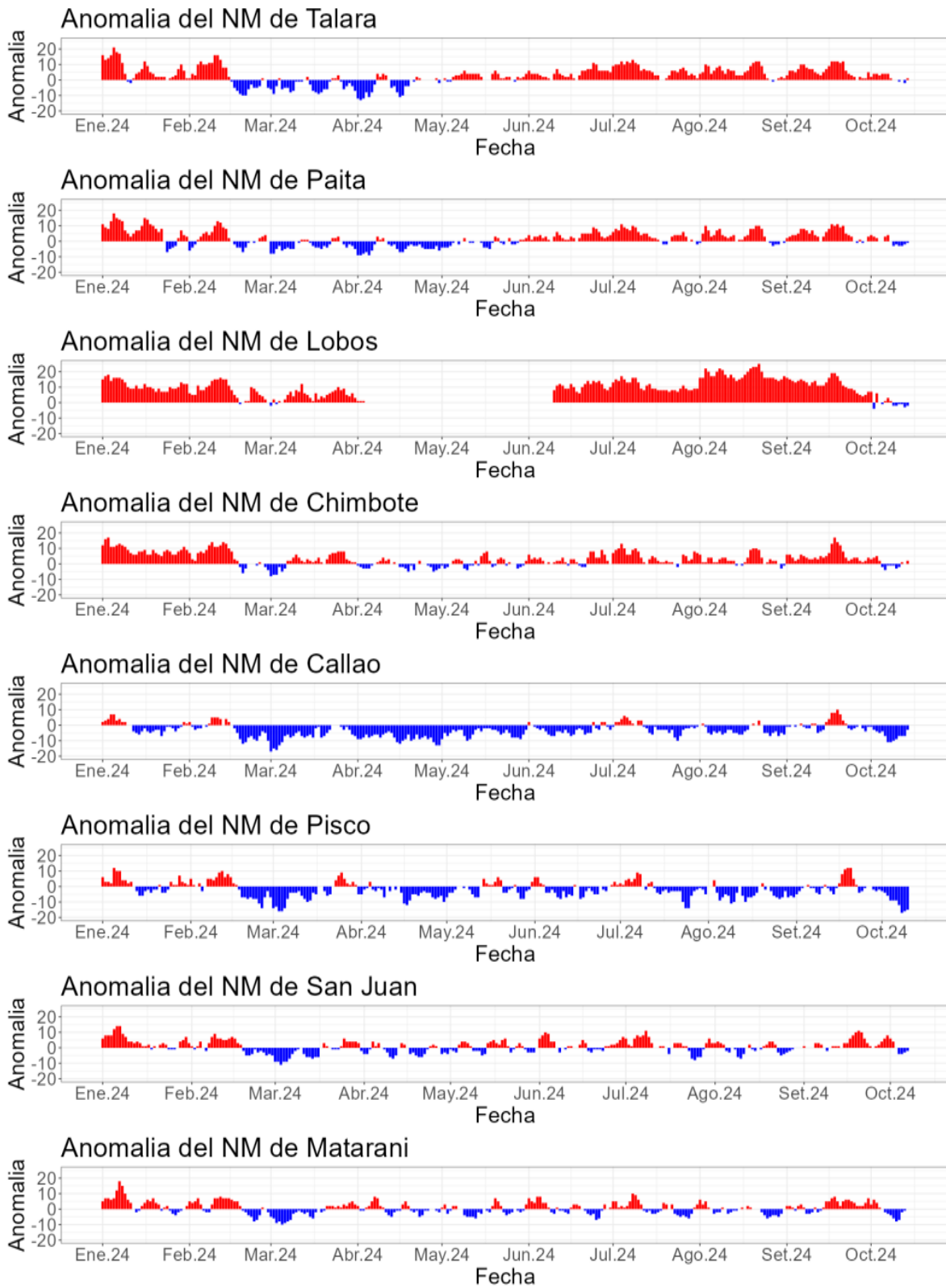
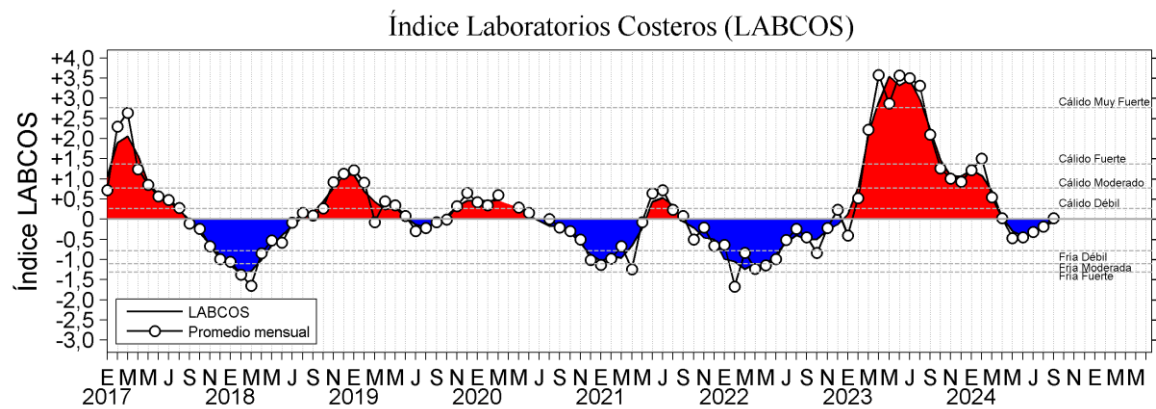


Figura 20. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 15 de octubre 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

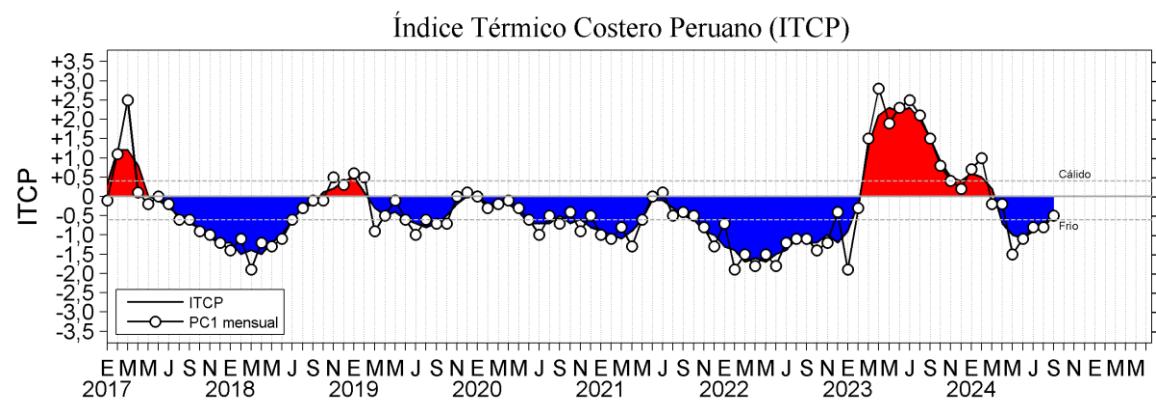


Figura 21. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a setiembre 2024.

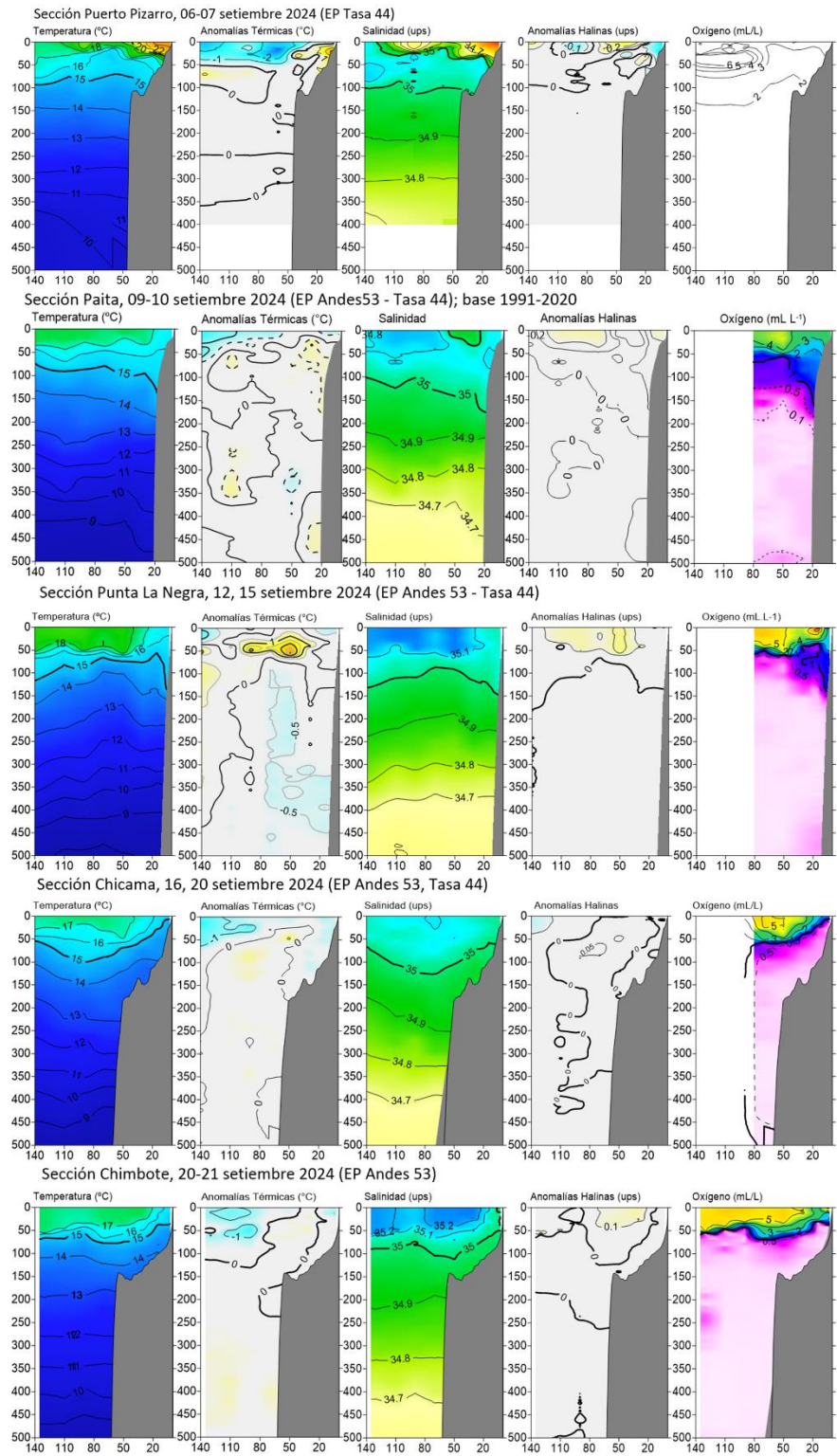


Figura 22. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama y Chimbote dentro de las 140 mn, entre el 06 y 21 de setiembre de 2024. Climatología: 1991-2020. (Domínguez et al., 2023).

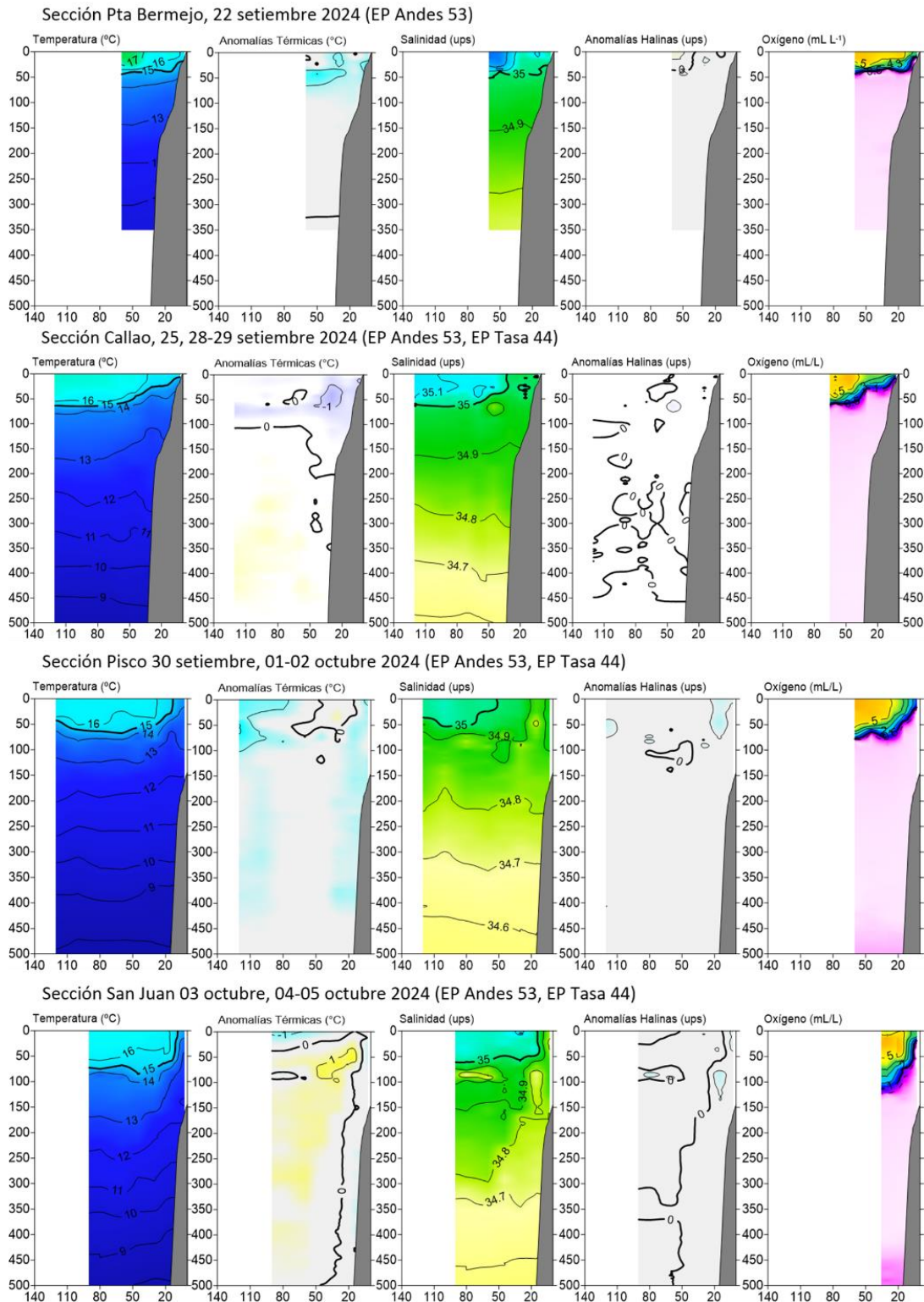


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad Y anomalía halina, realizadas frente a Punta Bermejo, Callao, Pisco y San Juan dentro de las 140 mn, entre el 22 de setiembre y 05 de octubre de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

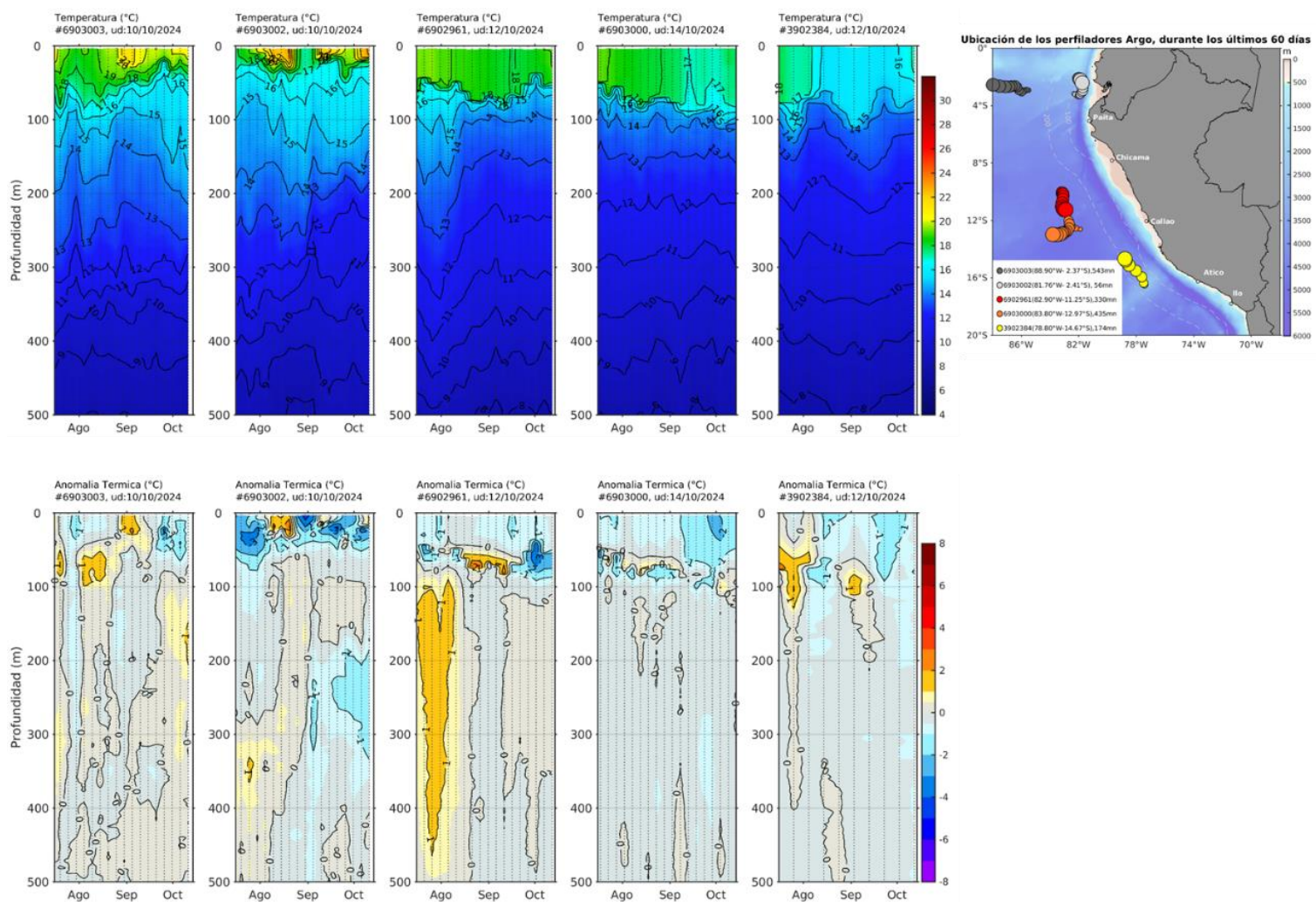


Figura 24. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (setiembre 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

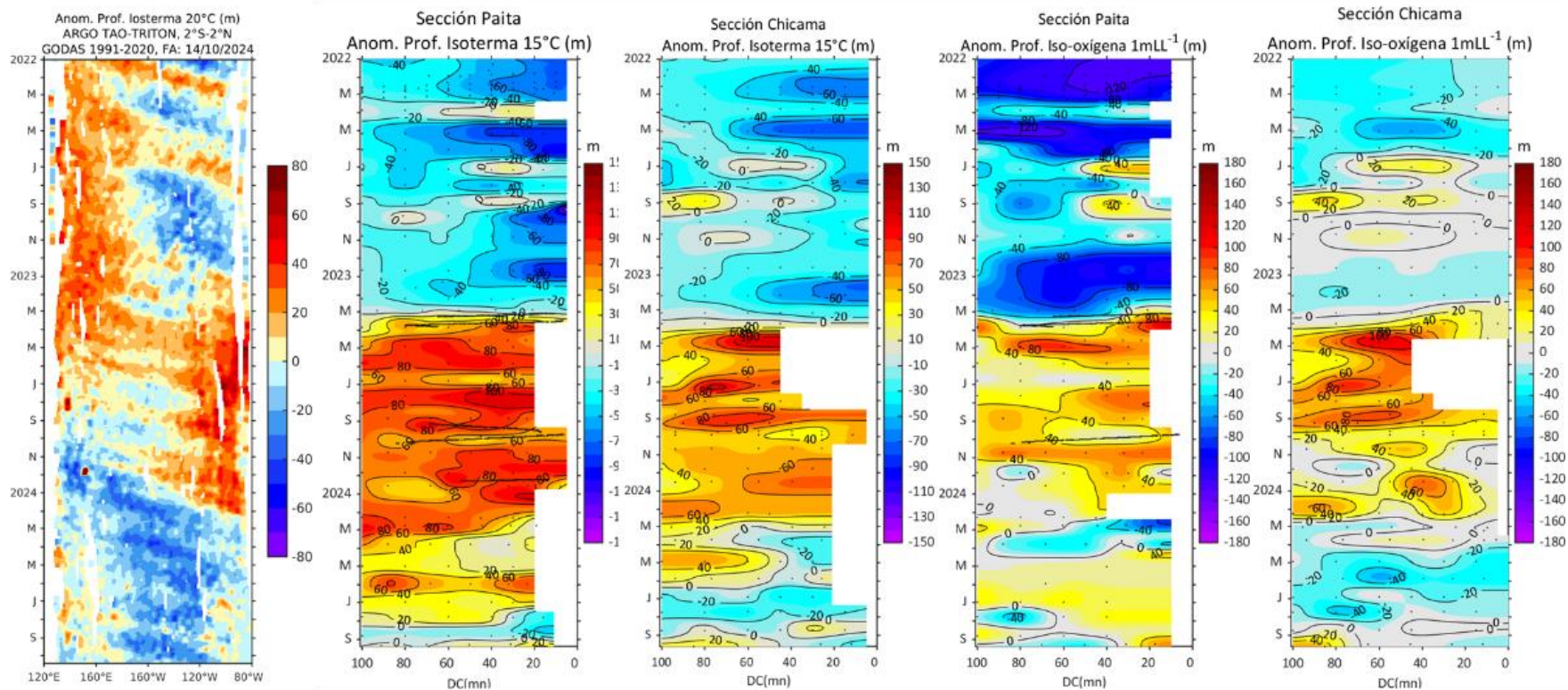
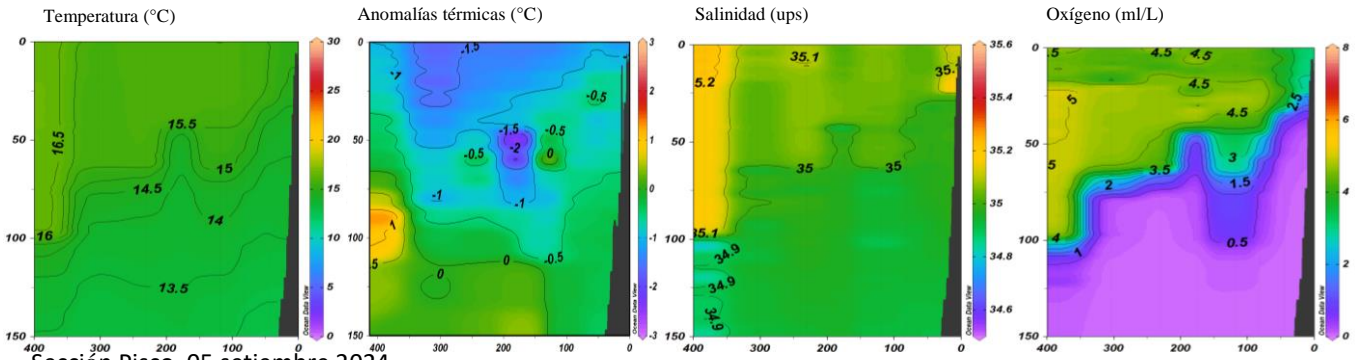
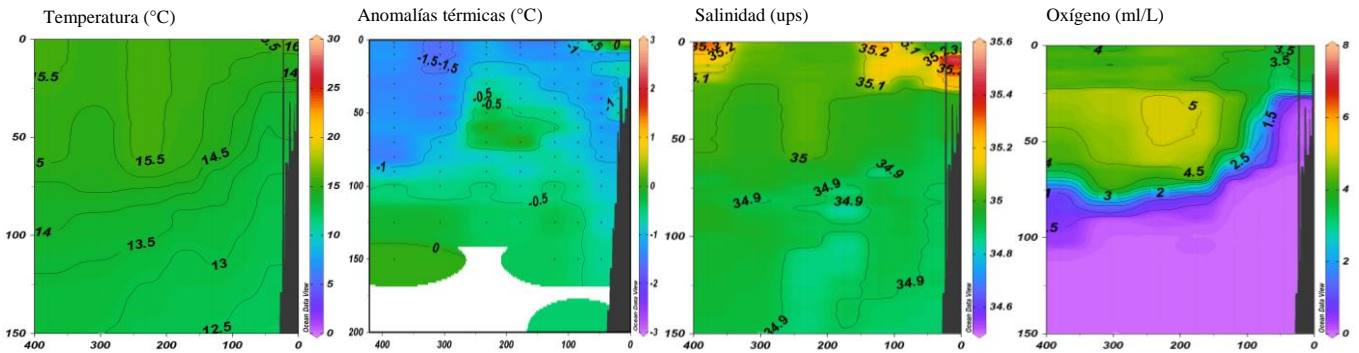


Figura 25. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 m L L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

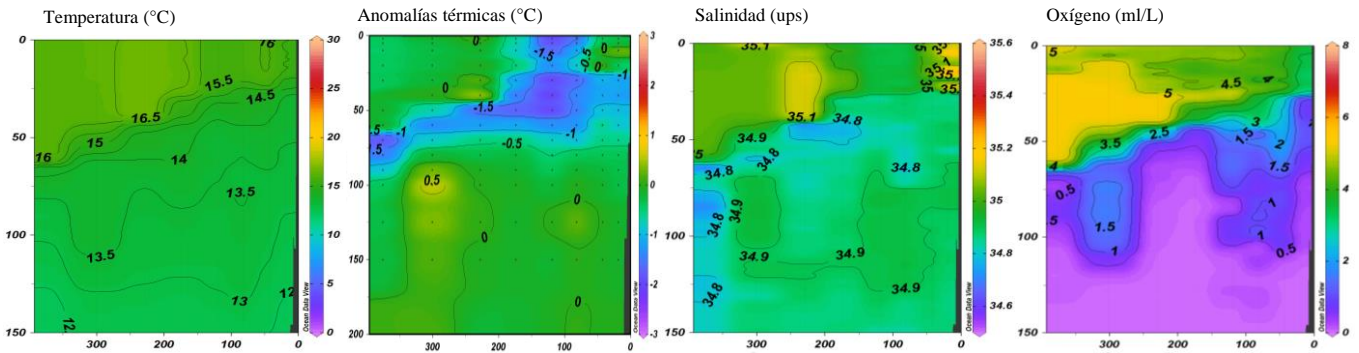
Sección Callao, 02 setiembre 2024



Sección Pisco, 05 setiembre 2024



Sección Atico, 12 setiembre 2024



Sección Ilo, 14 setiembre 2024

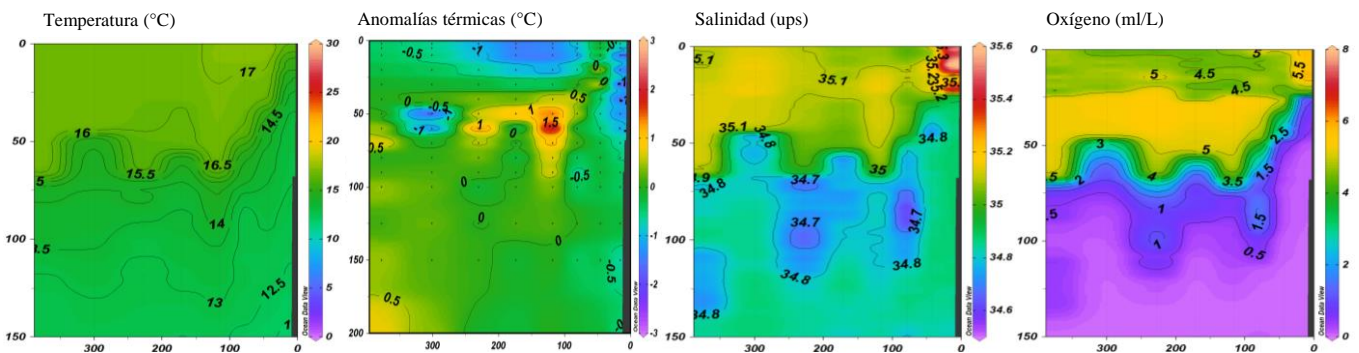


Figura 26. Secciones verticales de temperatura, anomalía térmica y salinidad en la columna de agua registradas frente a Callao e Ilo, registrados entre el 02 y 14 de setiembre. Fuente: DIHIDRONAV.

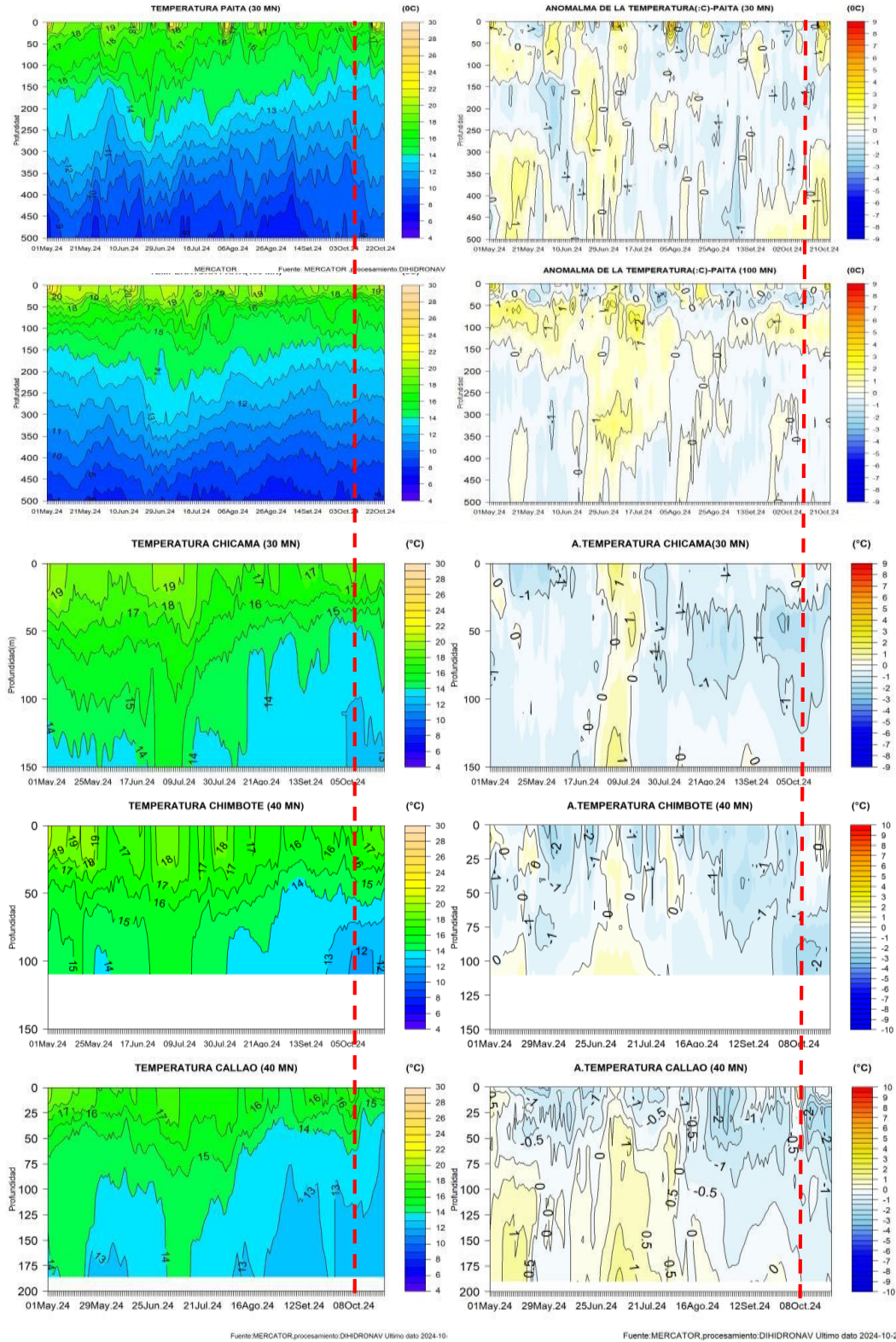


Figura 27. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30 mn), d) Chicabote (40 mn) y e) Callao (40 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

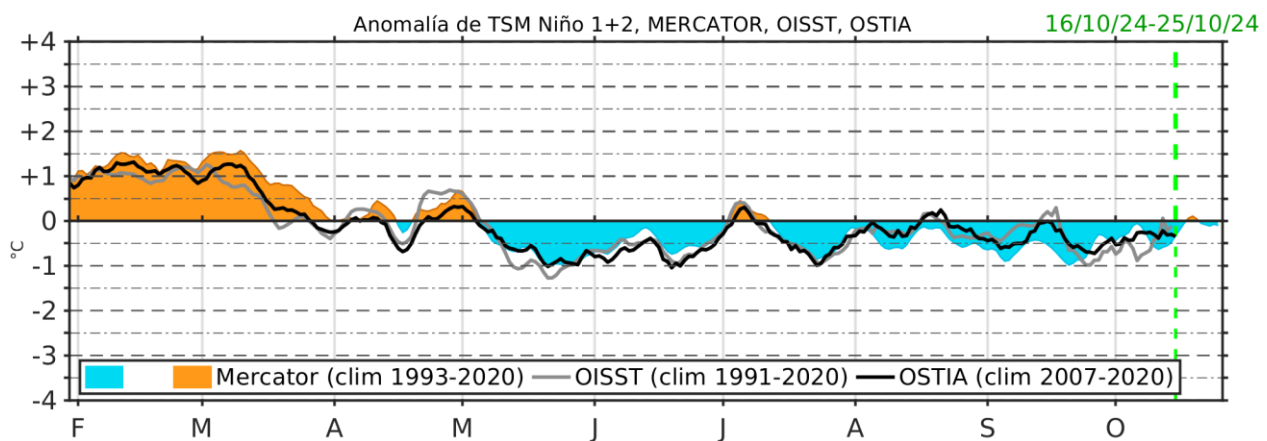
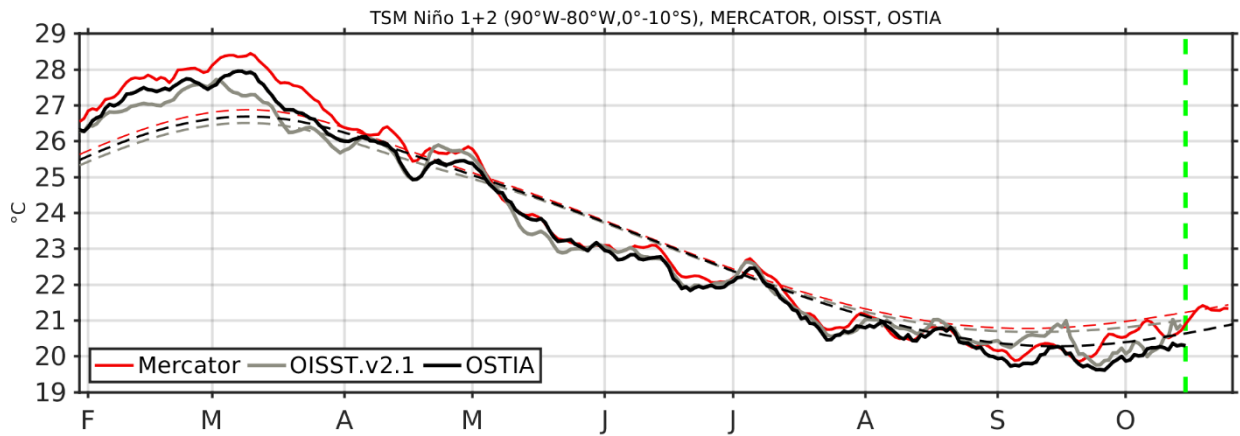


Figura 28. Temperatura superficial del Mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercator (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

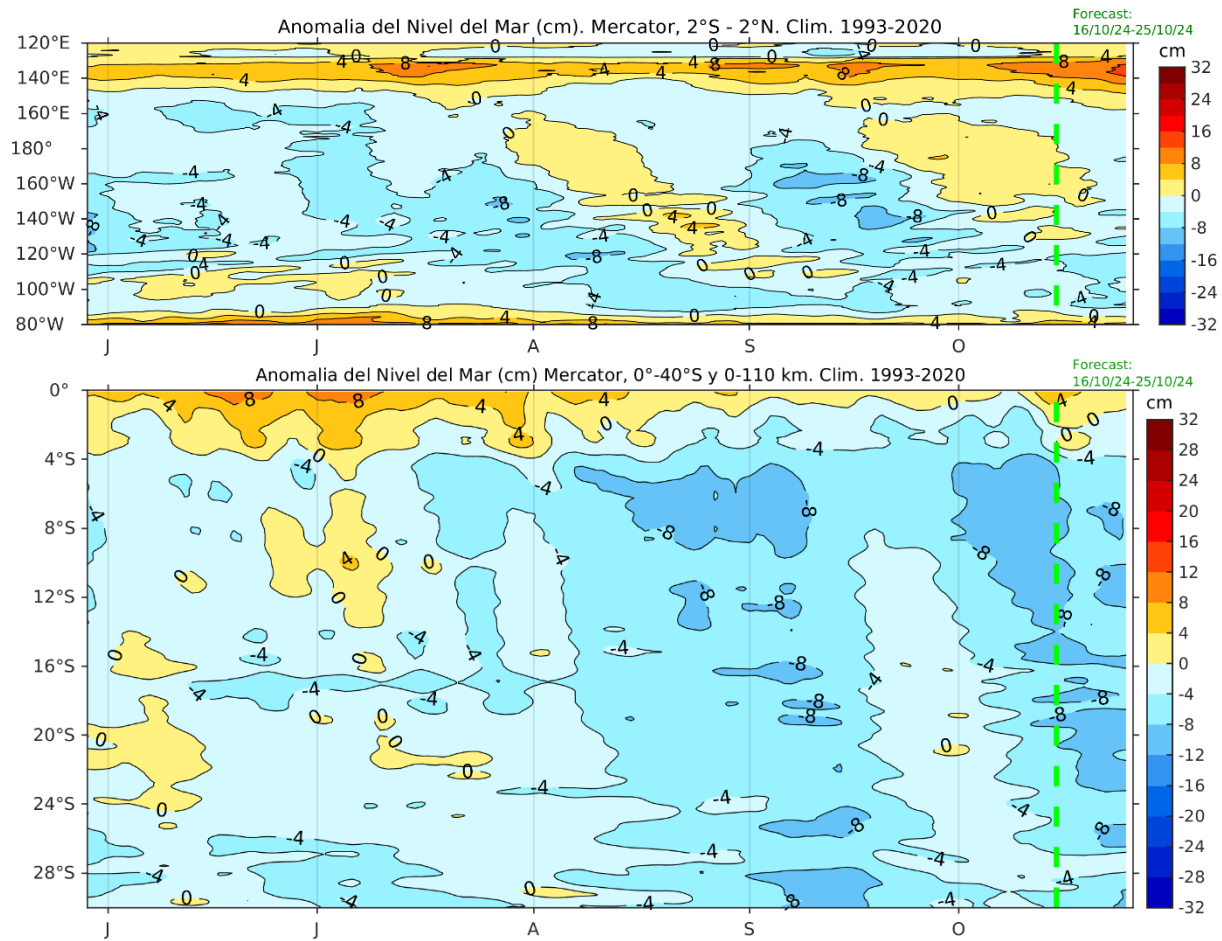


Figura 29. Anomalía de nivel del mar en el Pacífico ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

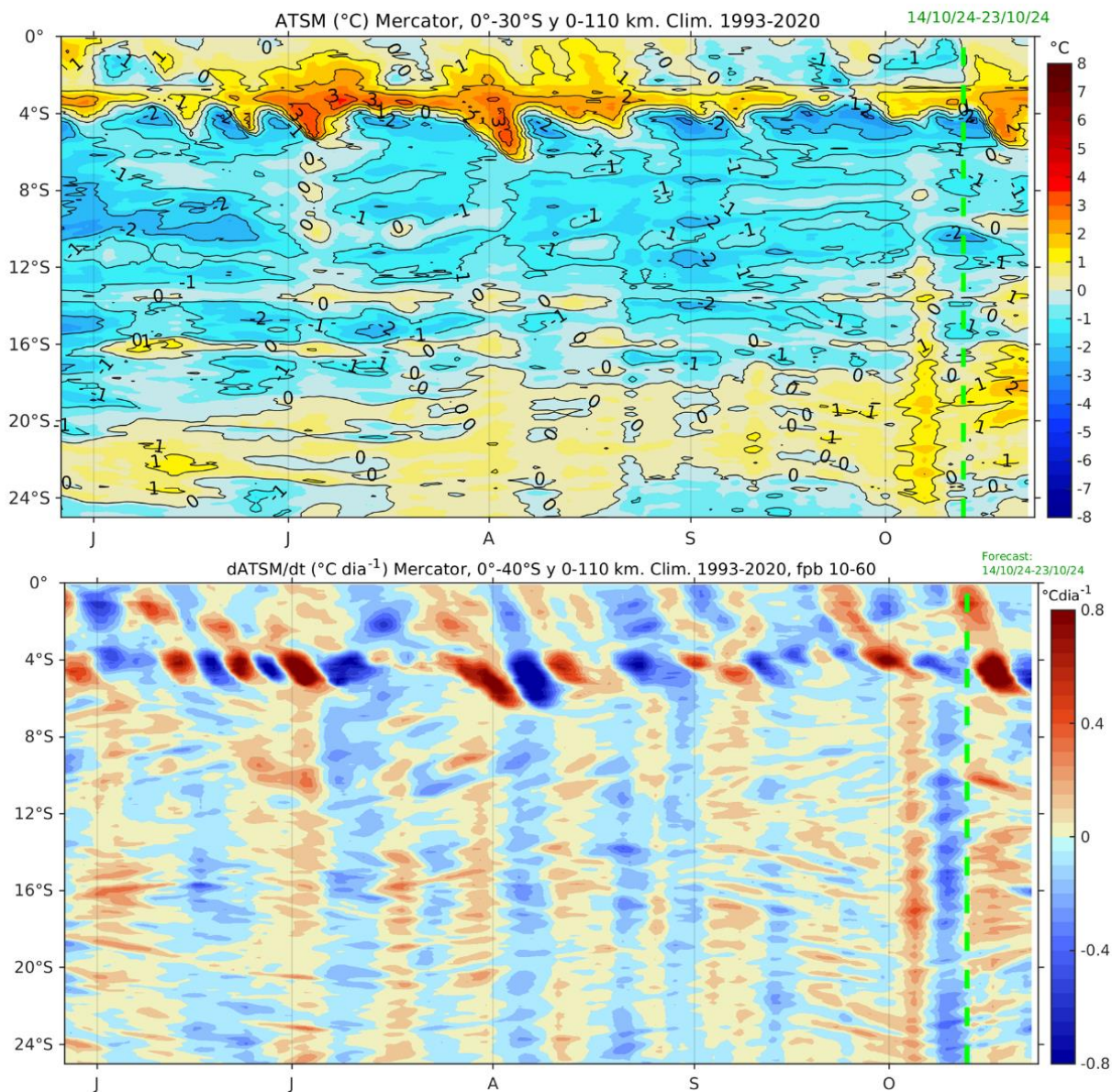


Figura 30. Anomalia de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

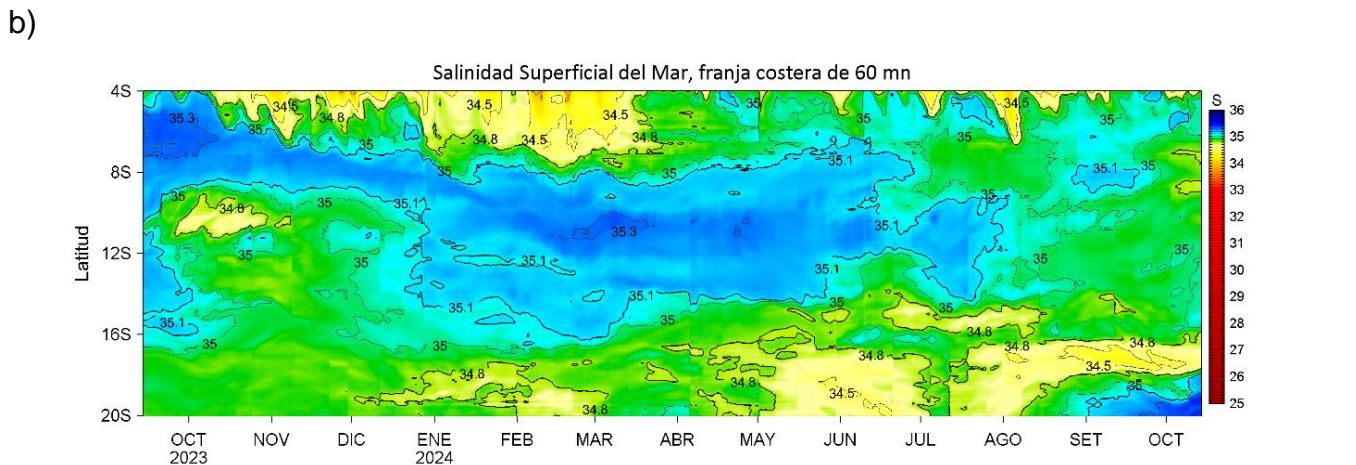
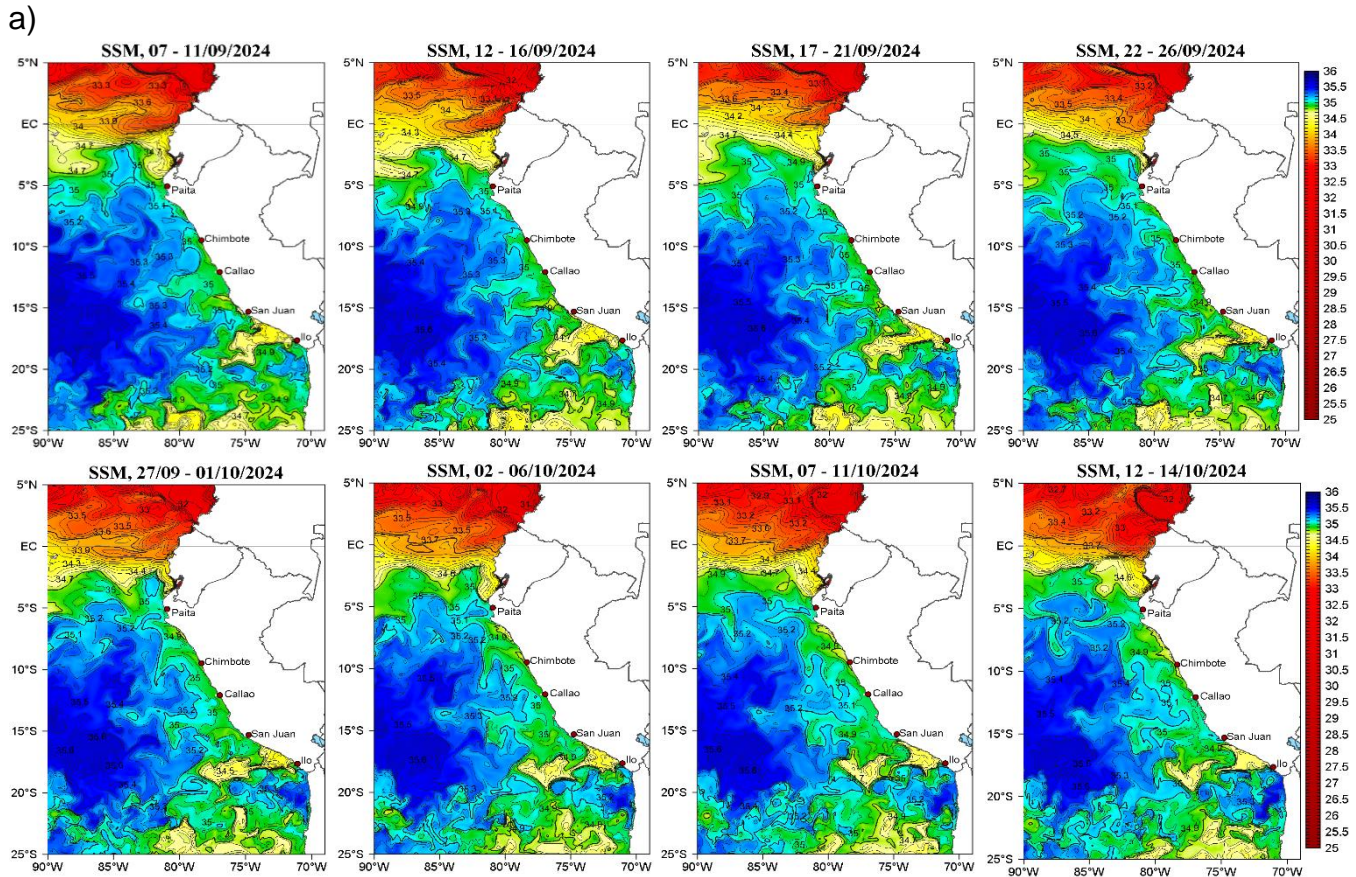


Figura 31. (a) Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 04 de julio y 12 de agosto 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 mn costeras, al 08 de setiembre 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. 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.

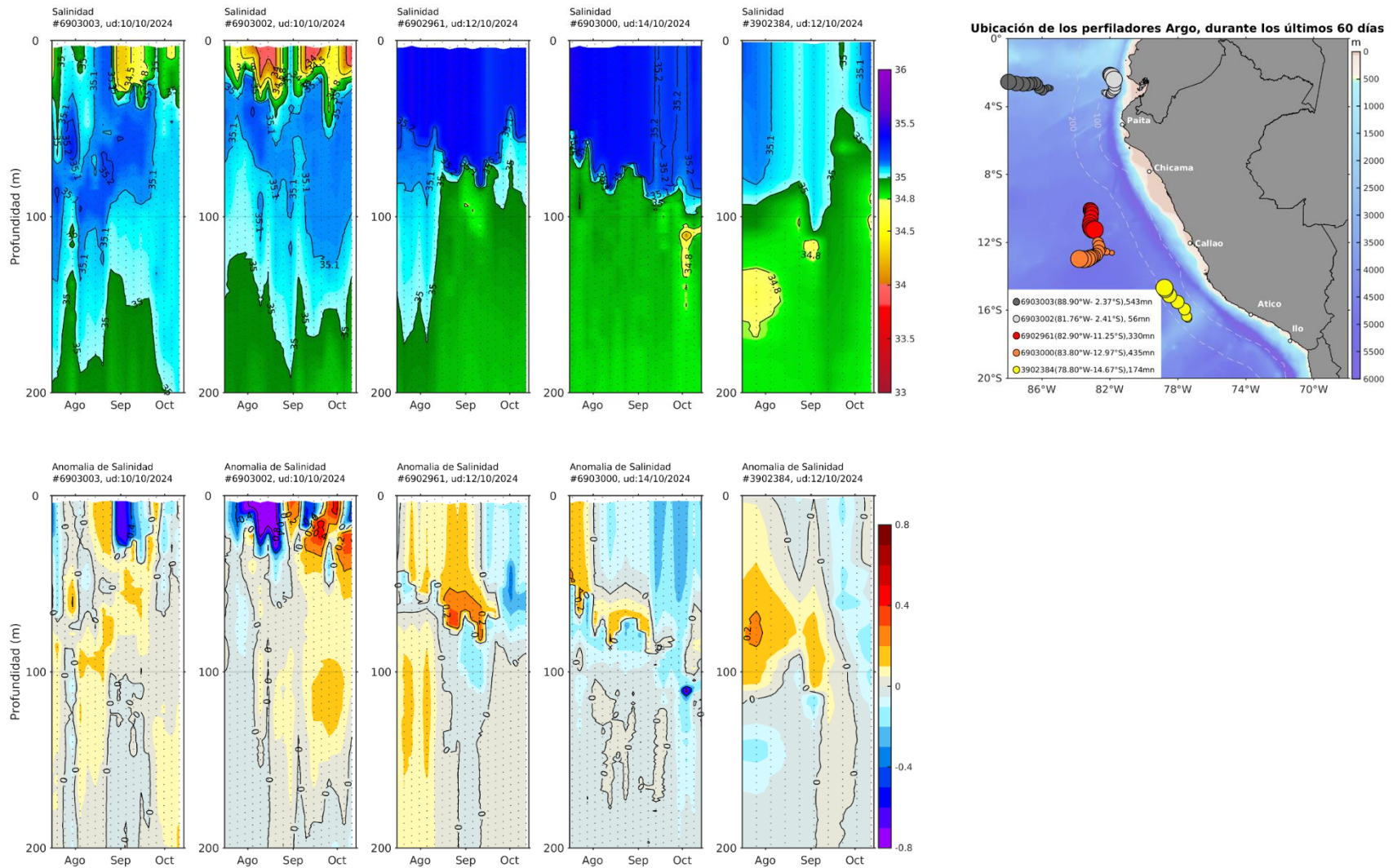
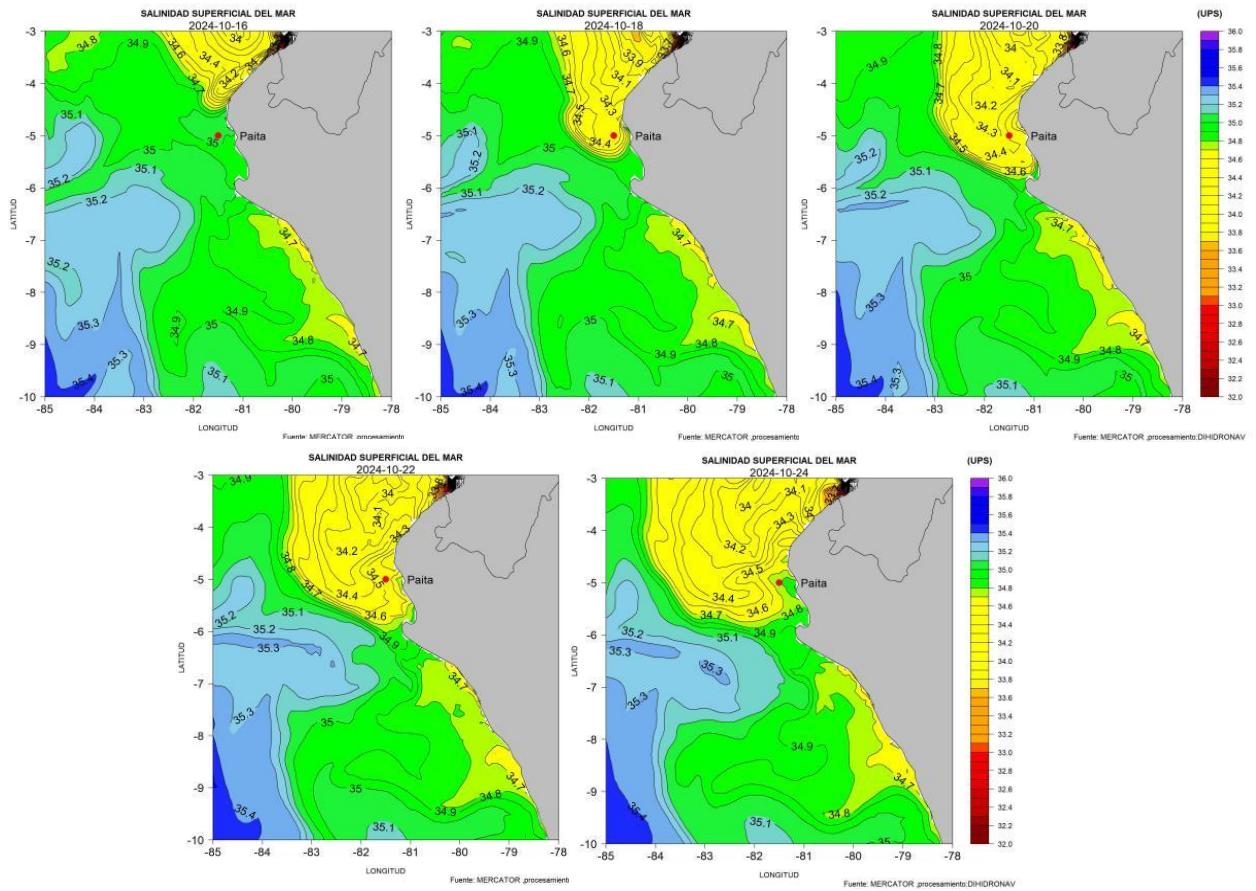


Figura 32. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: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

a)



b)

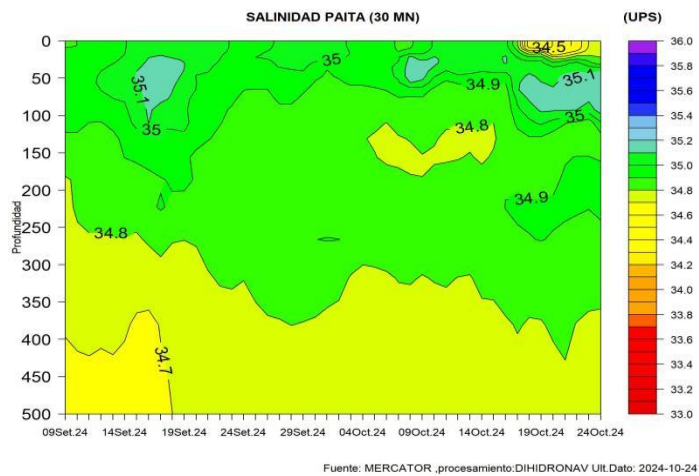


Figura 33. Pronóstico de salinidad del mar a) superficial frente a la costa norte y centro y b) subsuperficial hasta los 500m de profundidad frente Paita (30 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

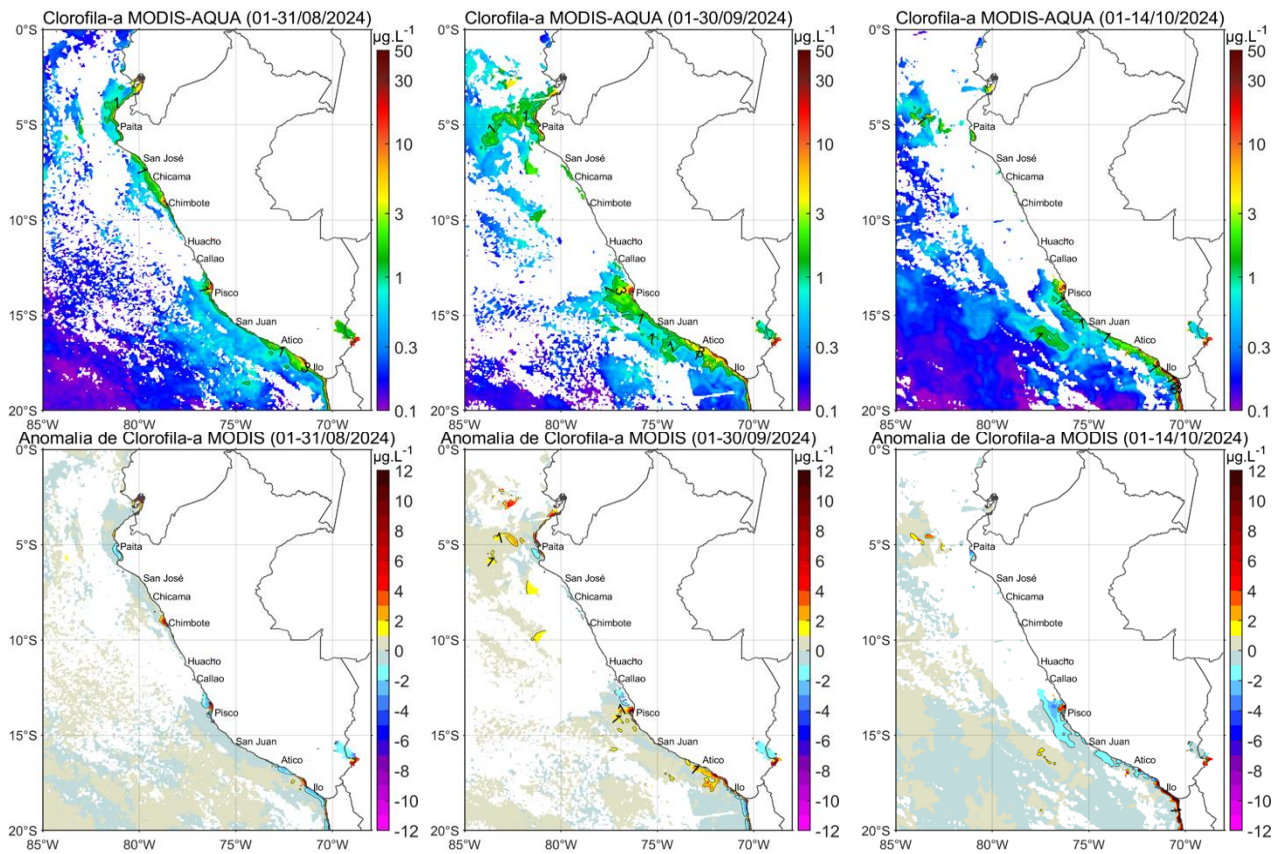


Figura 34. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante agosto, setiembre y del 1 al 14 octubre de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

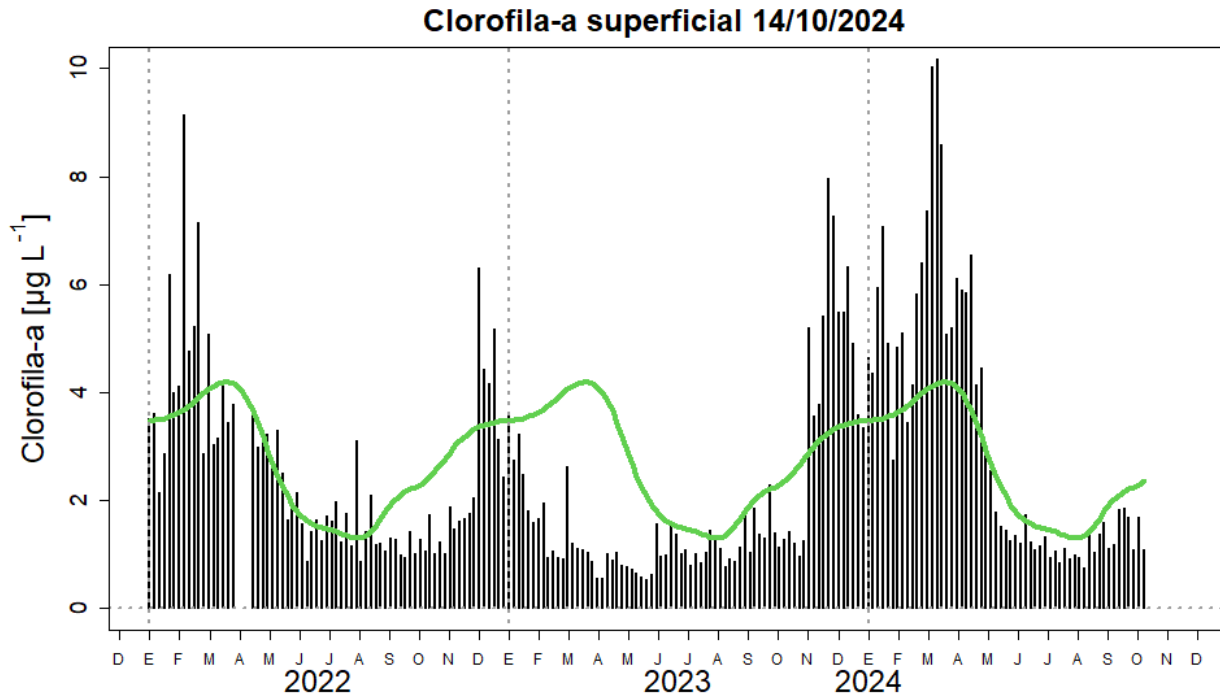


Figura 35. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWiFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre $4^{\circ}\text{S} - 16^{\circ}\text{S}$ y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

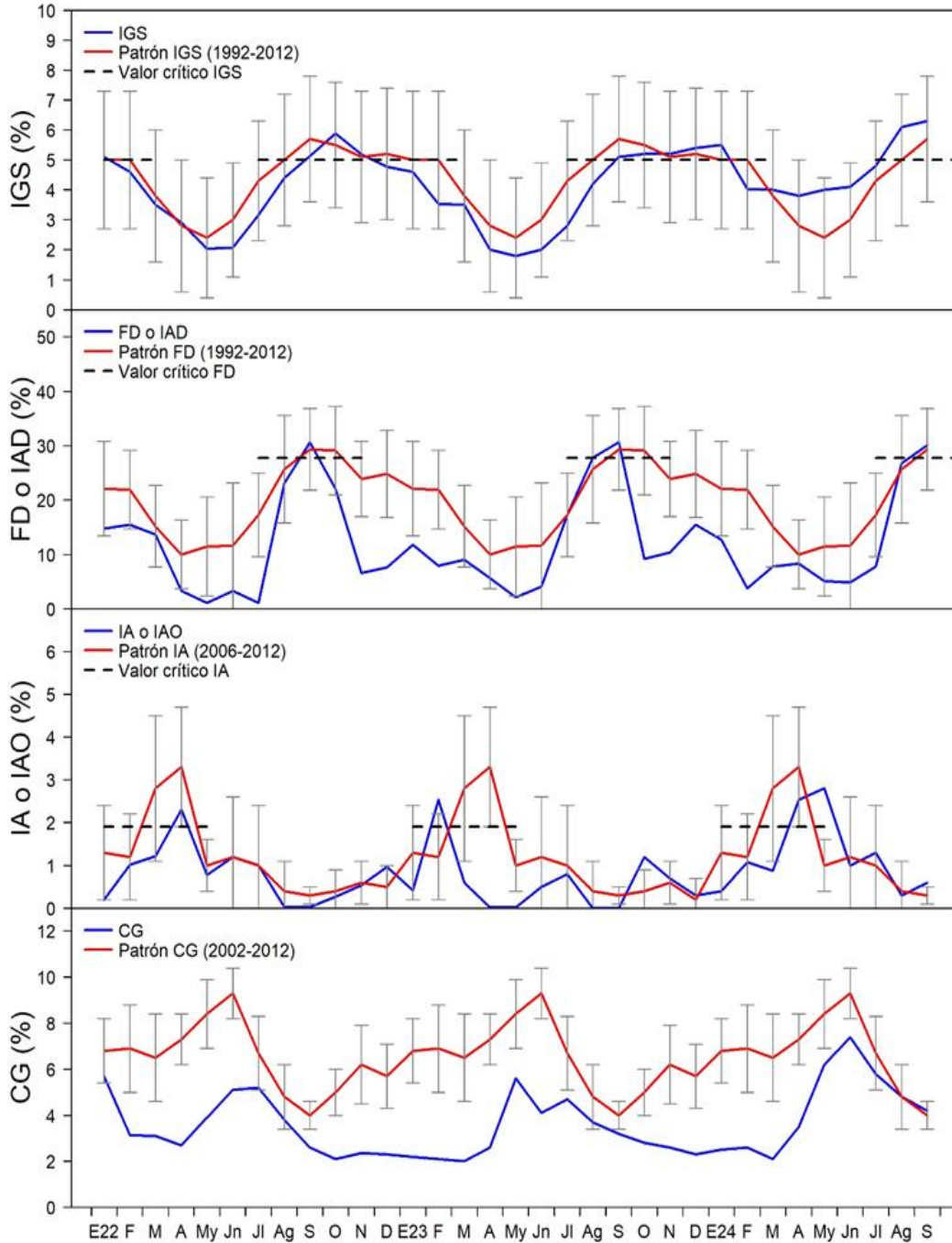


Figura 36. Indicadores reproductivos (de arriba hacia abajo) índice gonadosomático, fracción desovante, índice de atresia y de condición somática y contenido graso de anchoveta peruana *Engraulis ringens* de enero del 2022 a setiembre del 2024.

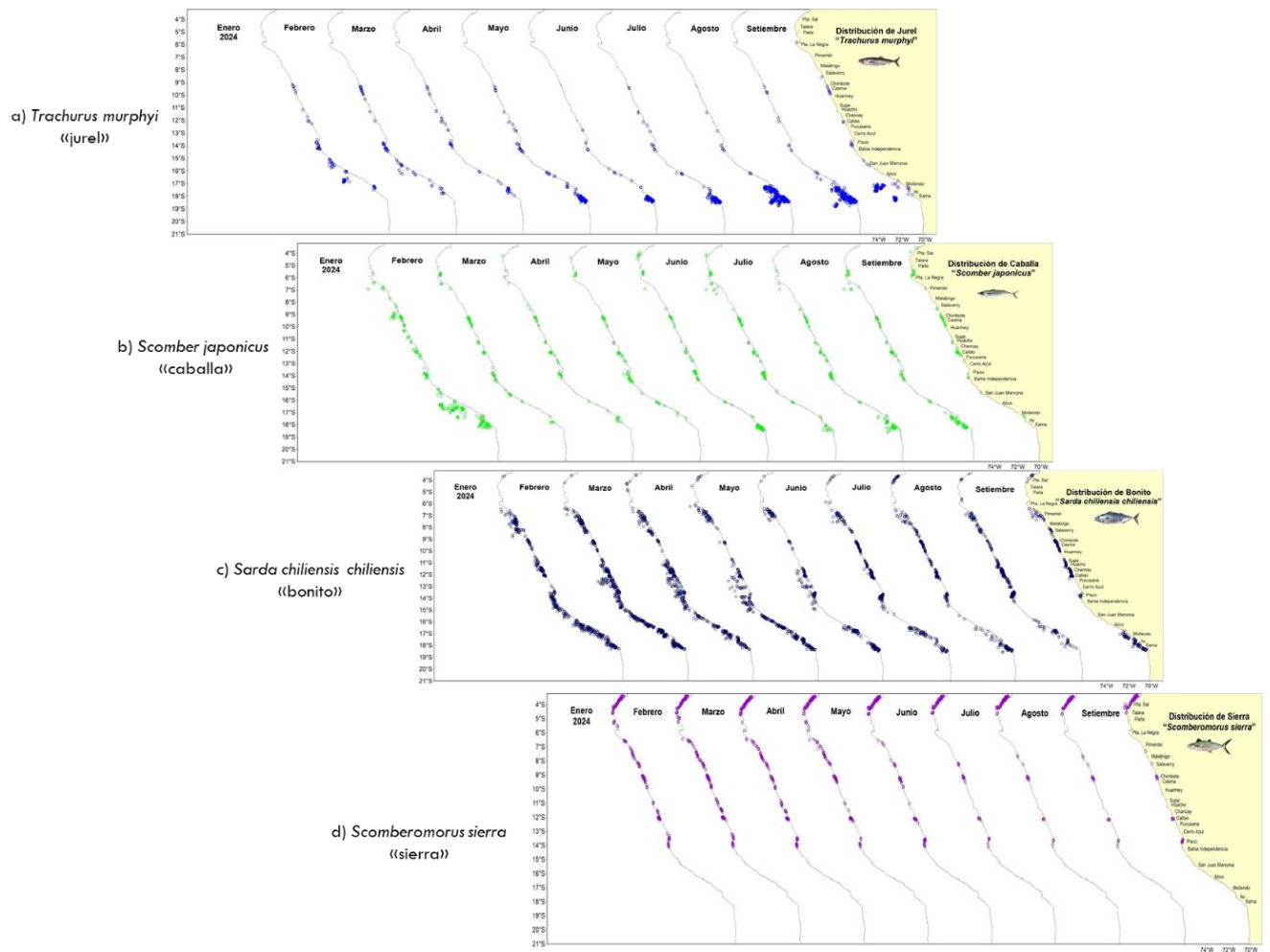


Figura 37. Distribución de los transzonales a) juel, b) caballa, c) bonito y d) sierra durante enero a setiembre 2024.

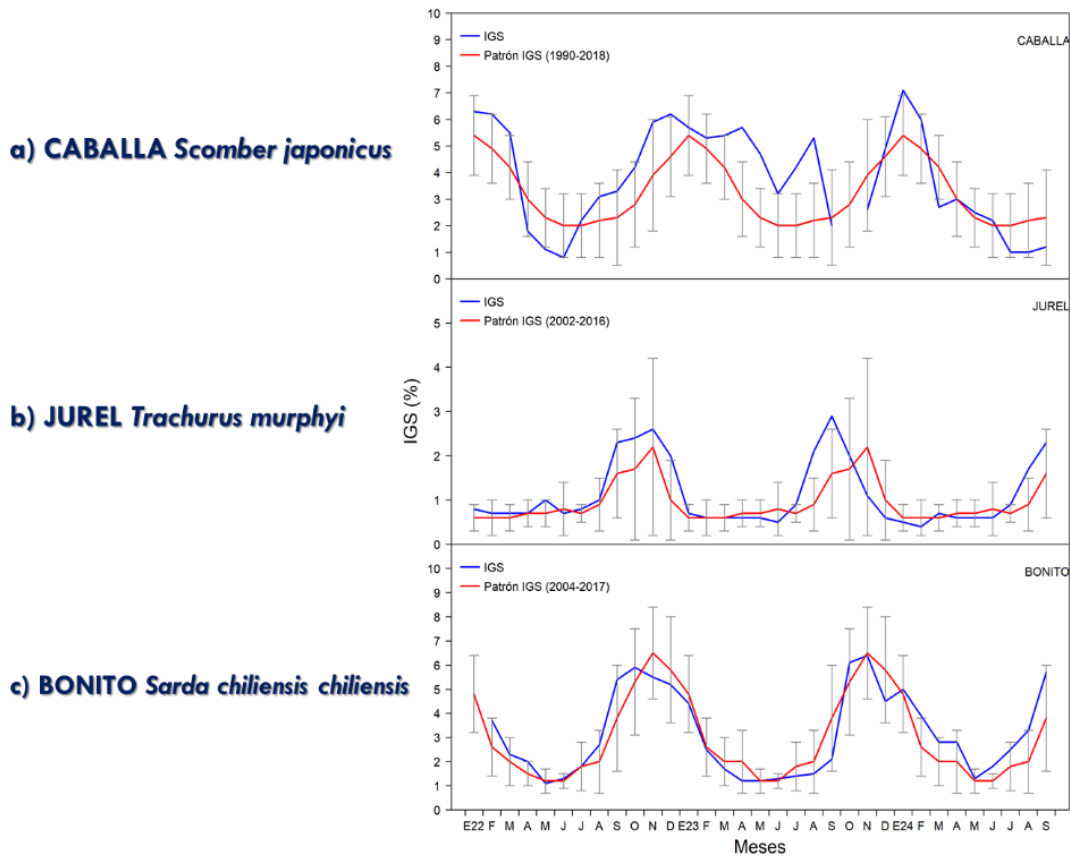


Figura 38. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito de enero del 2022 a setiembre del 2024.

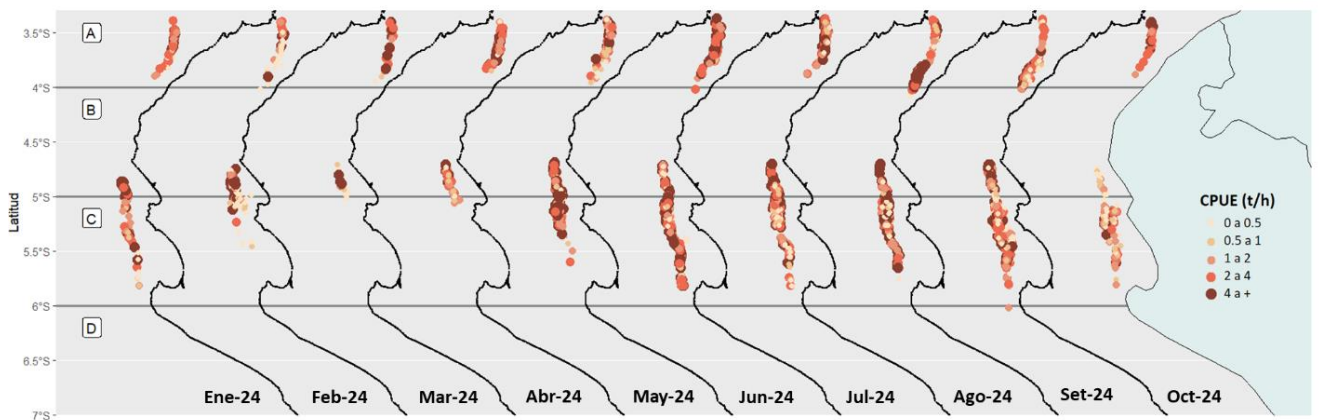


Figura 39. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en $t h^{-1}$) por lance de pesca entre los meses de enero a 13 octubre de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

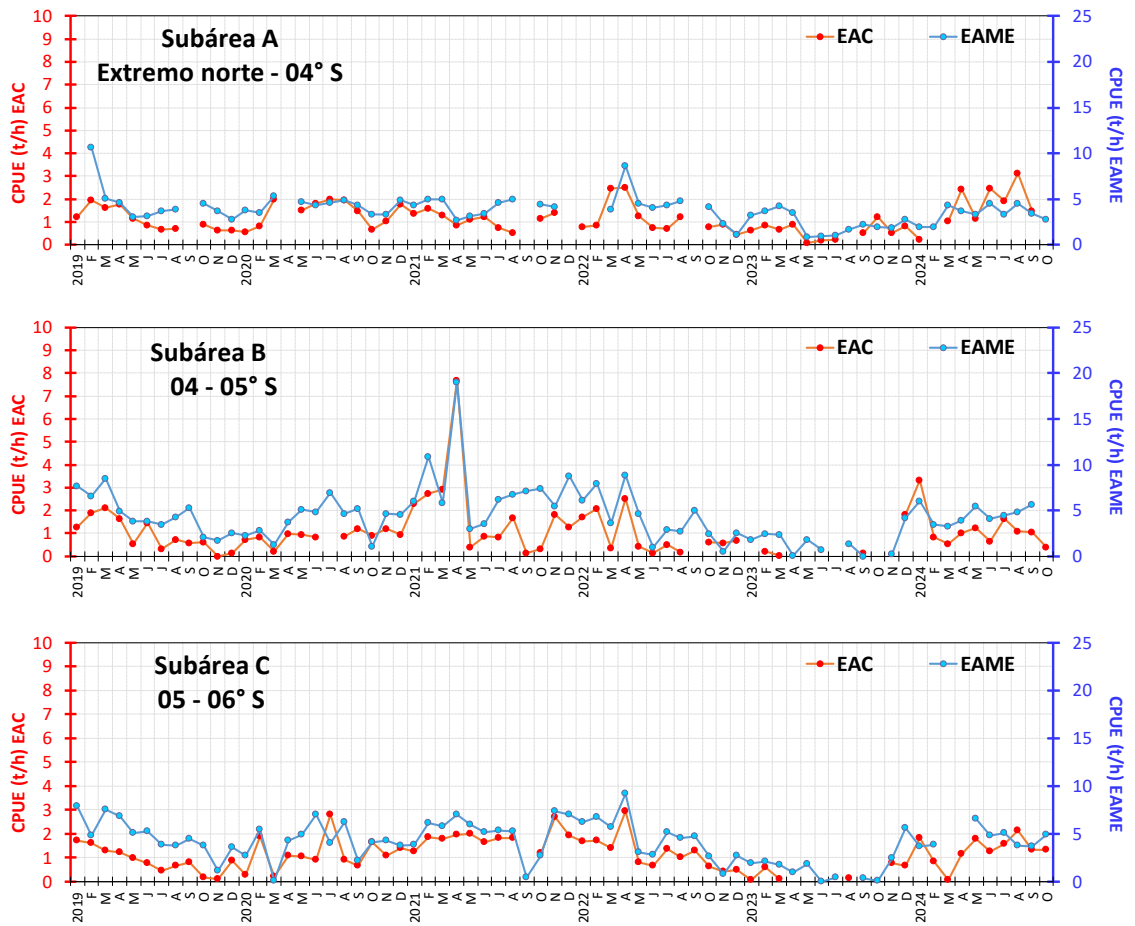


Figura 40. CPUE mensual (t h⁻¹) por sub-área de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

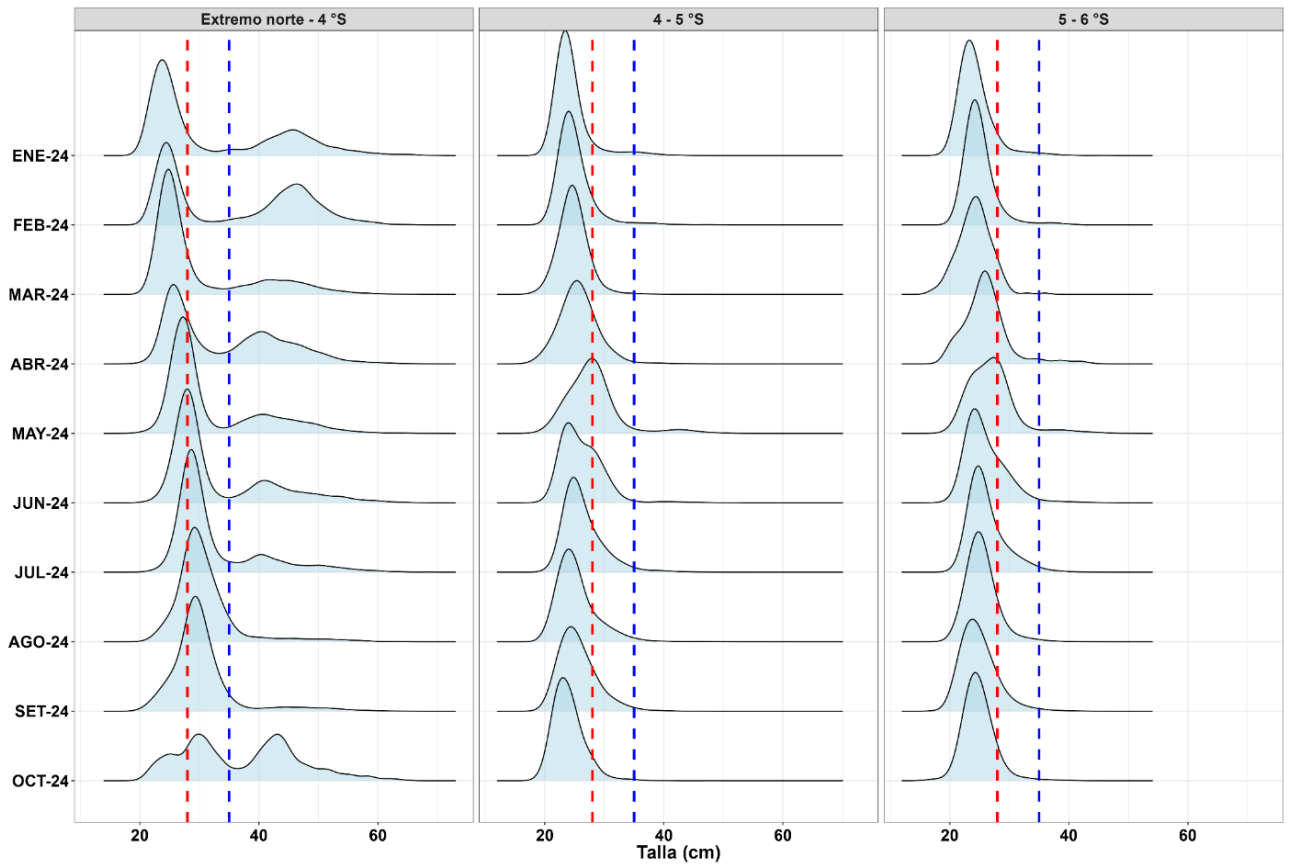


Figura 41. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) de enero al 13 de octubre 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

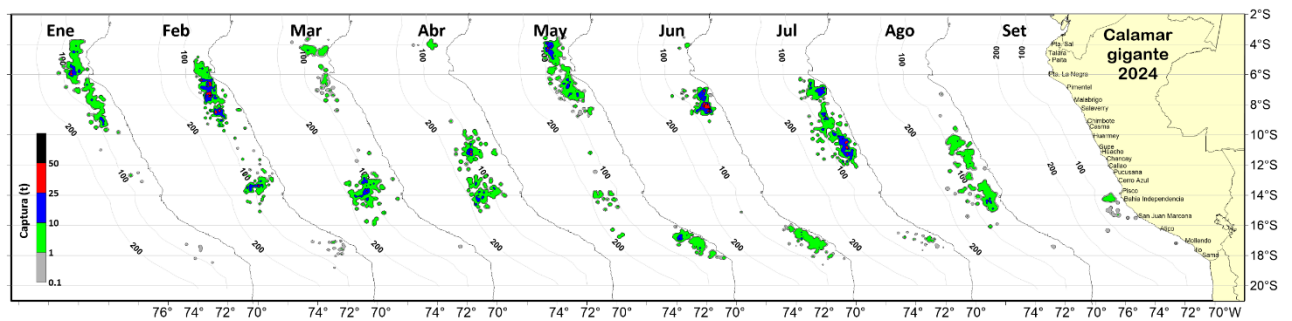


Figura 42. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero setiembre (preliminar) 2024. Fuente: IMARPE – ROSPAS – Oficina de Pesca Artesanal. Información preliminar para uso científico.

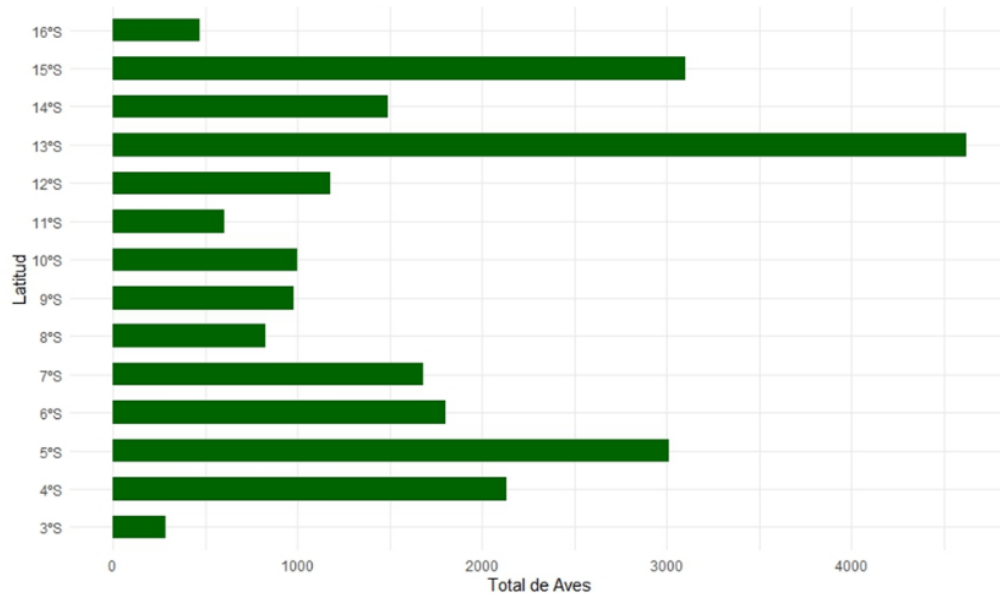


Figura 43. Abundancia de aves marinas según latitud. Fuente: Cr.2409-10

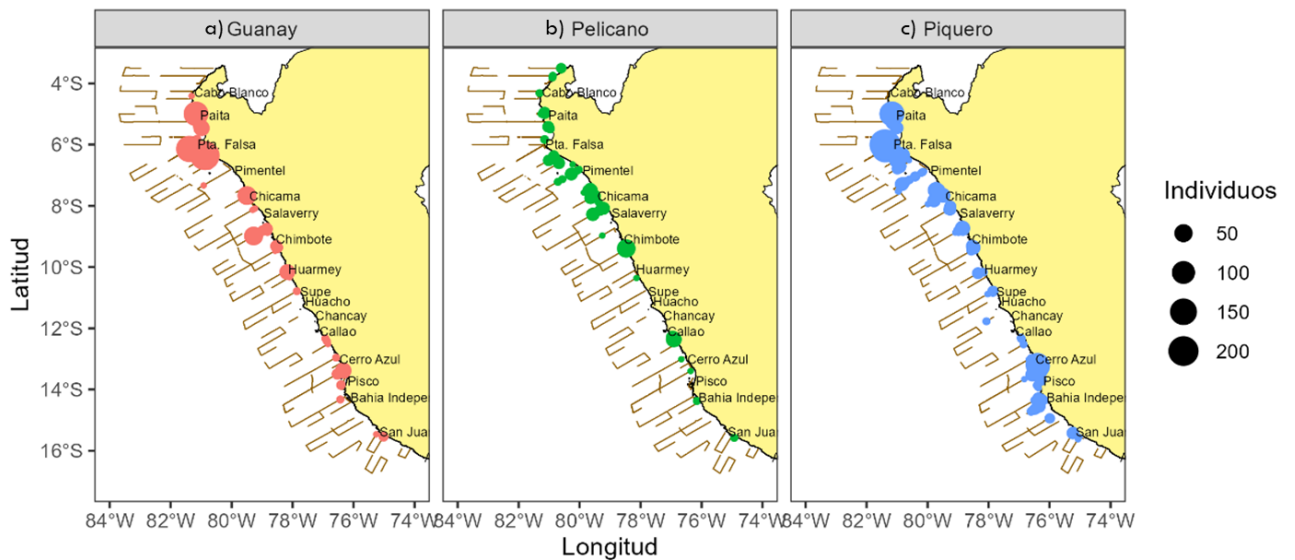


Figura 44. Avistamiento de aves guaneras a) guanay, b) pelícano y c) piquero, observados durante el Cr2409-10.

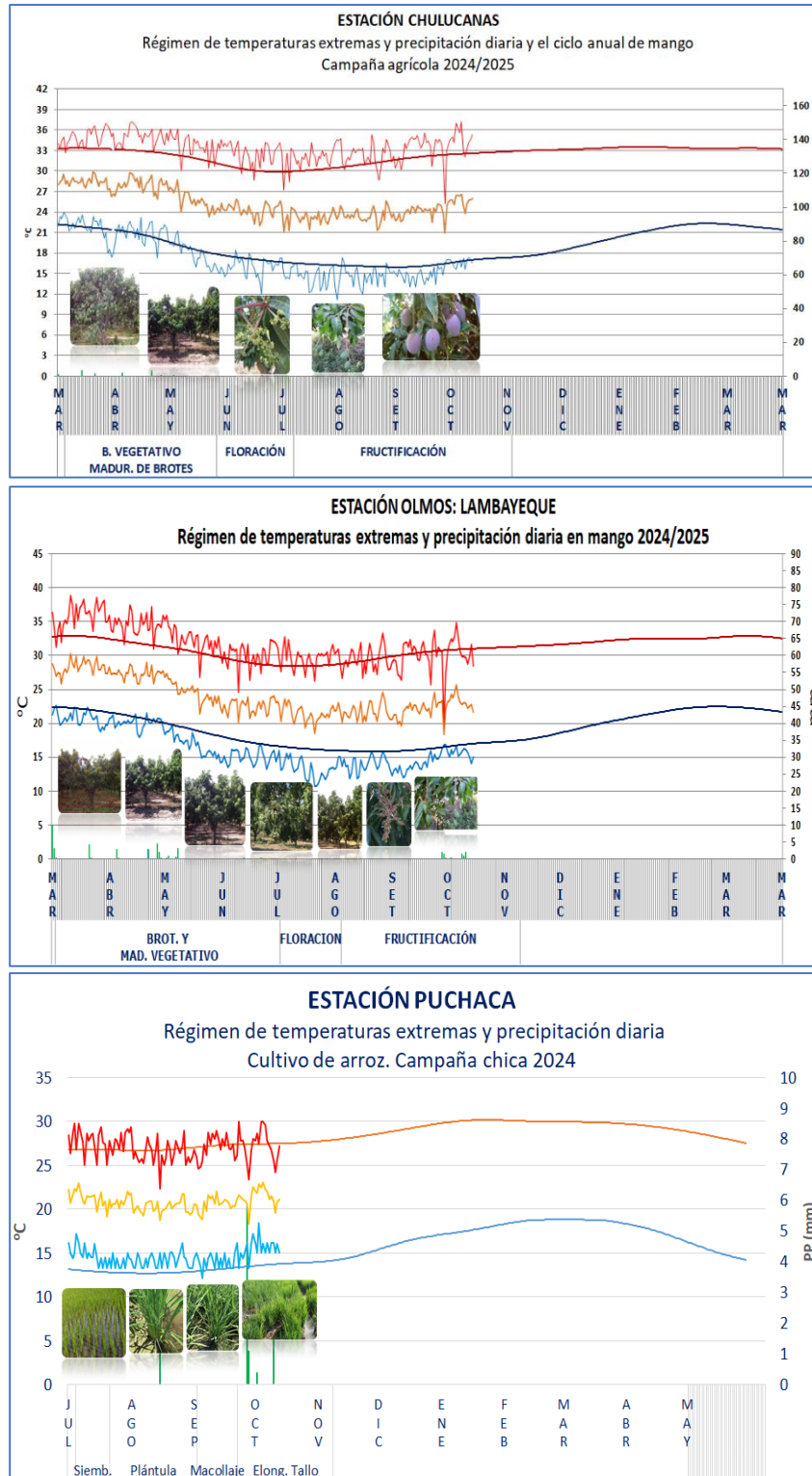


Figura 45. Monitoreo agrometeorológico del mango (Campaña 2024-2025) y arroz (Campaña 2024). Fuente: SENAMHI.

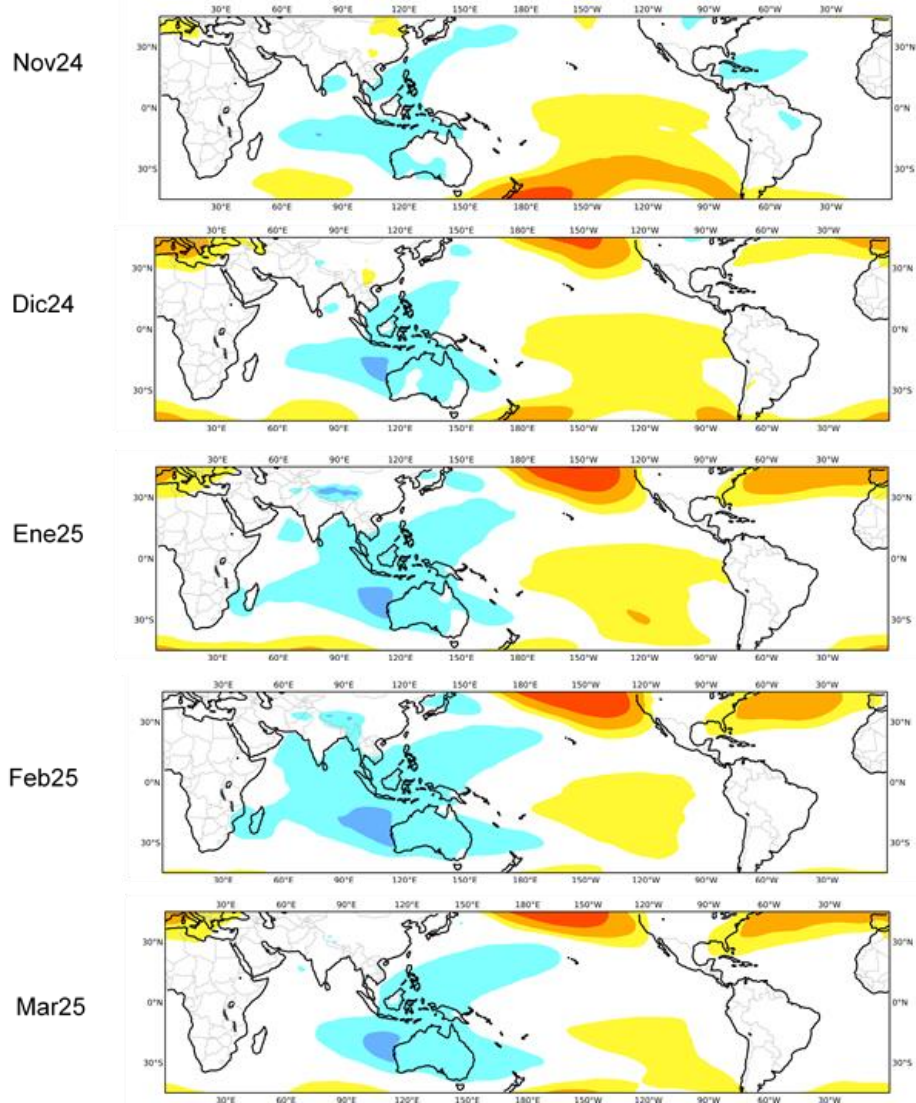


Figura 46. Mapas de pronóstico mensual del ensamblado de las anomalías de la presión atmosférica a nivel del mar en hPa, desde noviembre 2024 hasta marzo 2025, usando el producto C3S multi-system proporcionados por the Copernicus Climate Change Service, iniciados el 01 octubre 2024. Adaptado por IMARPE.

IGP-UHM IA model v1.0: Probability of a strong EP EN event ($E > 1.5$) in the following Jan: 0.01% (classif.), 0.00% (regress.) IC: September (Temporal) FT 1871-1984. Processing date: 16-10-2024

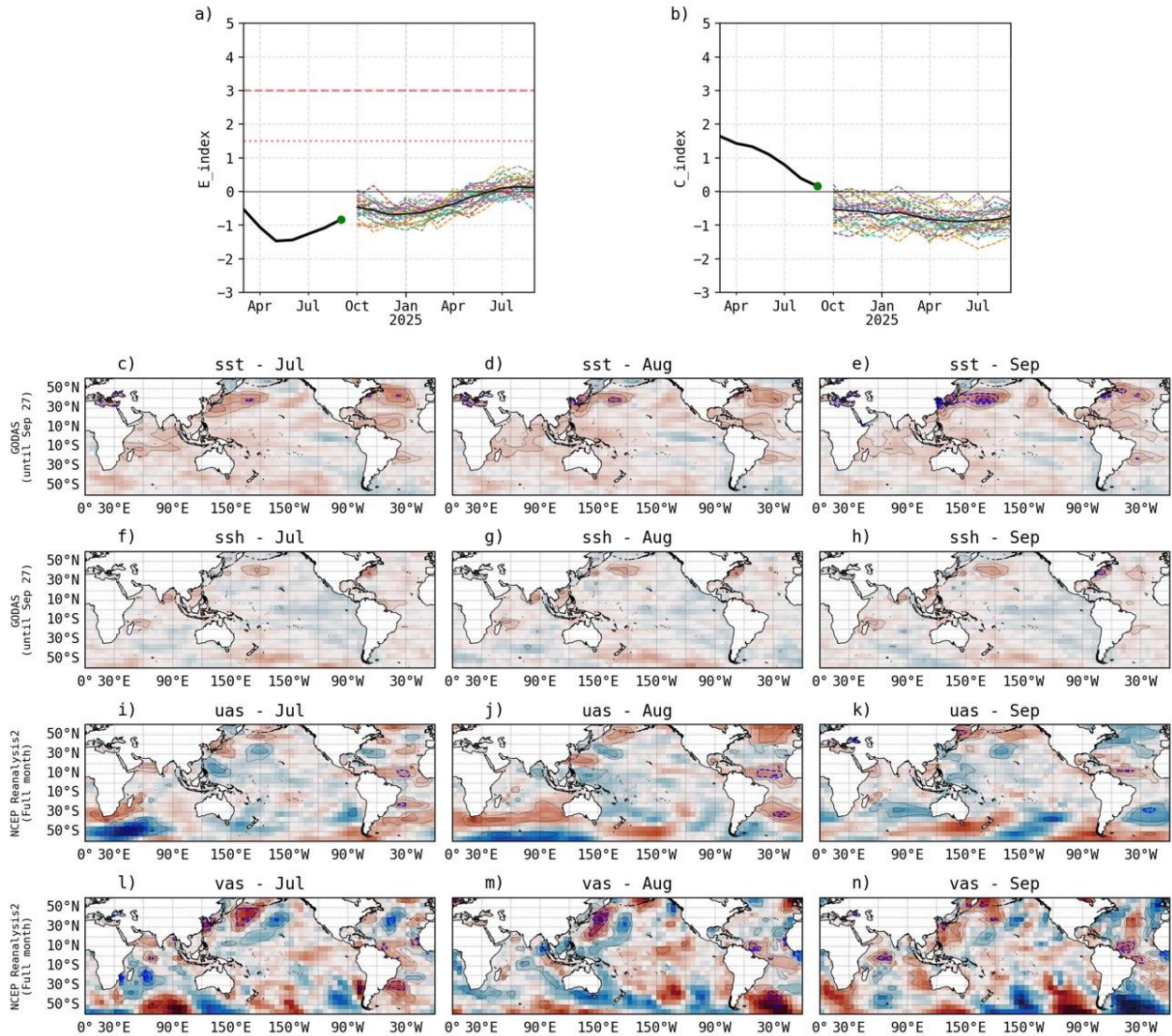


Figura 47. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2024 a setiembre de 2025; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde octubre de 2024 a setiembre 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: mayo (primera columna), junio (segunda columna) y julio (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

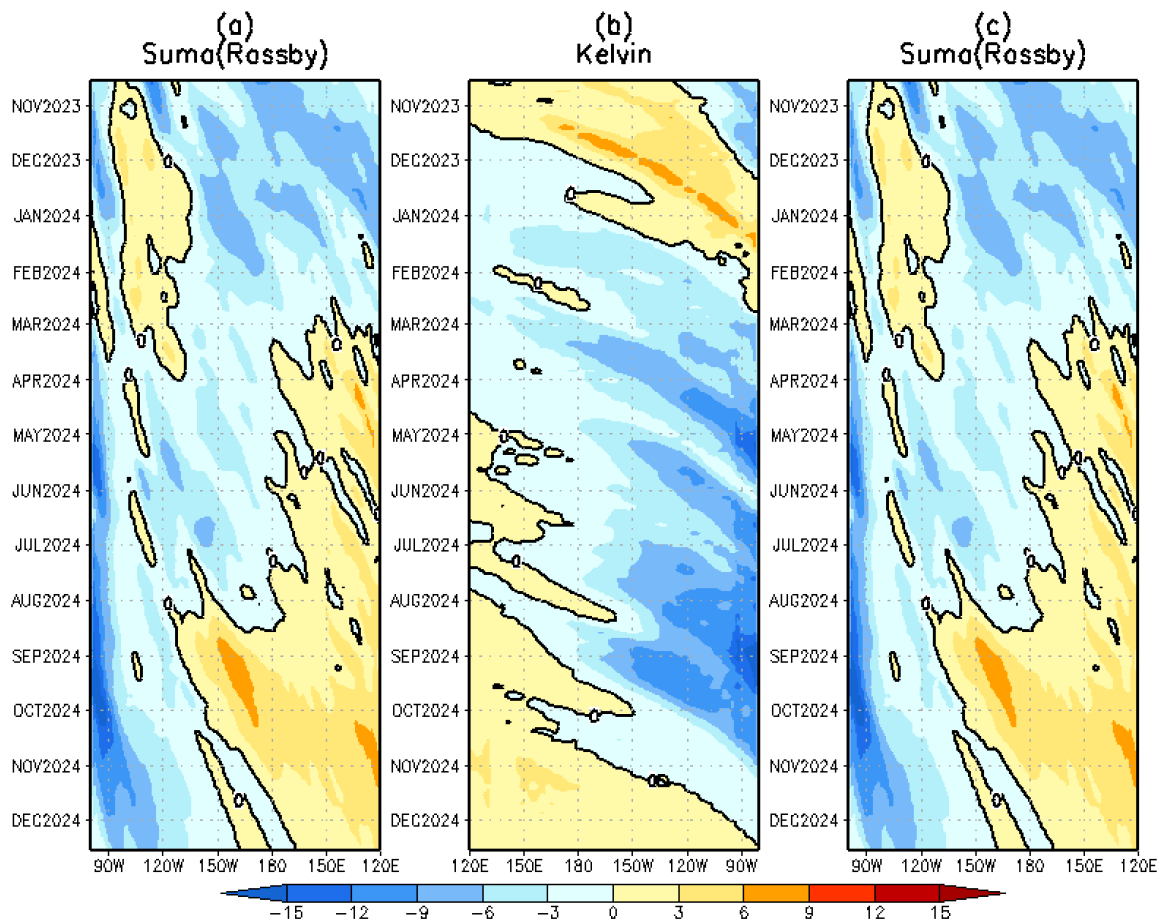


Figura 48. Diagrama longitud–tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOMIGP), forzando por NCEP y con termoclina variable. Fuente: IGP.

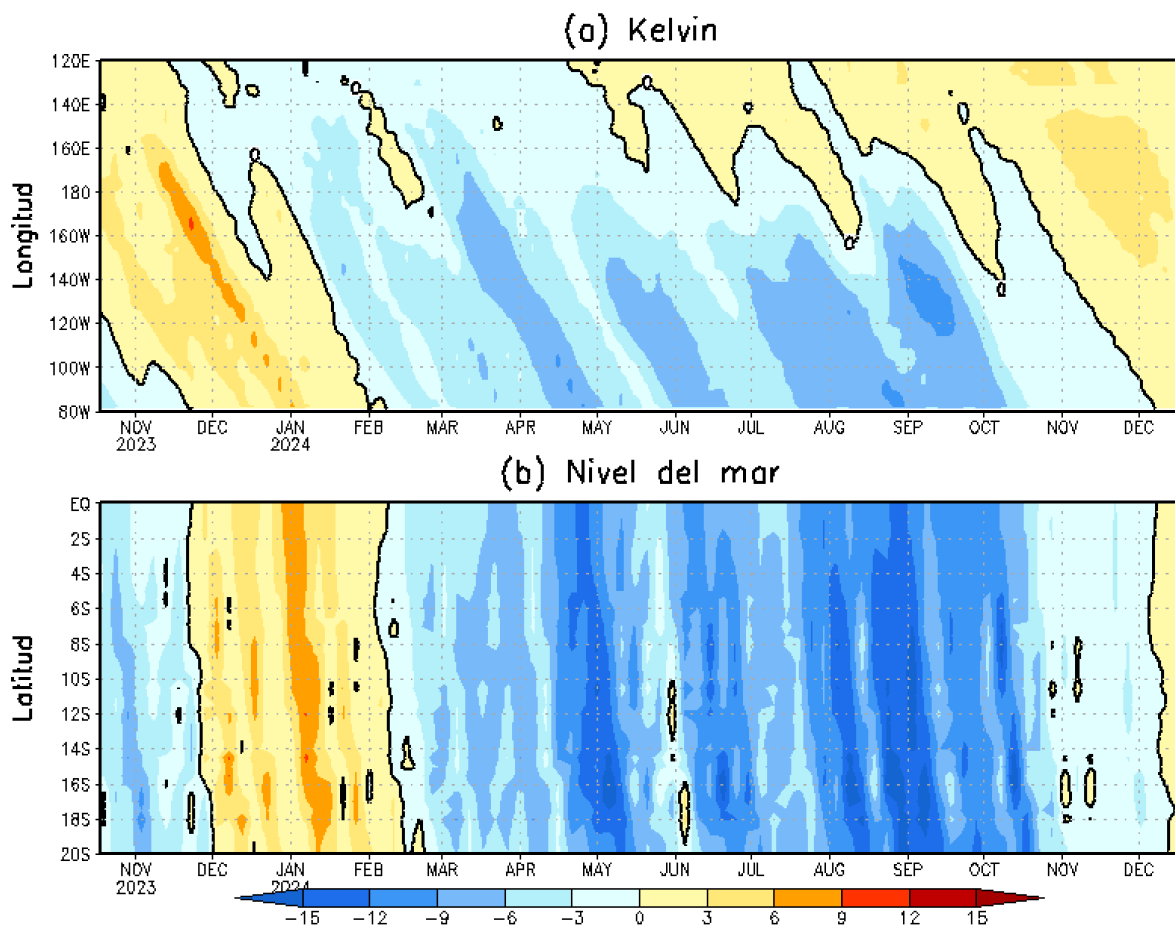


Figura 49. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del re-análisis de NCEP. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico con esfuerzo de viento igual a cero. Elaborado por el IGP.

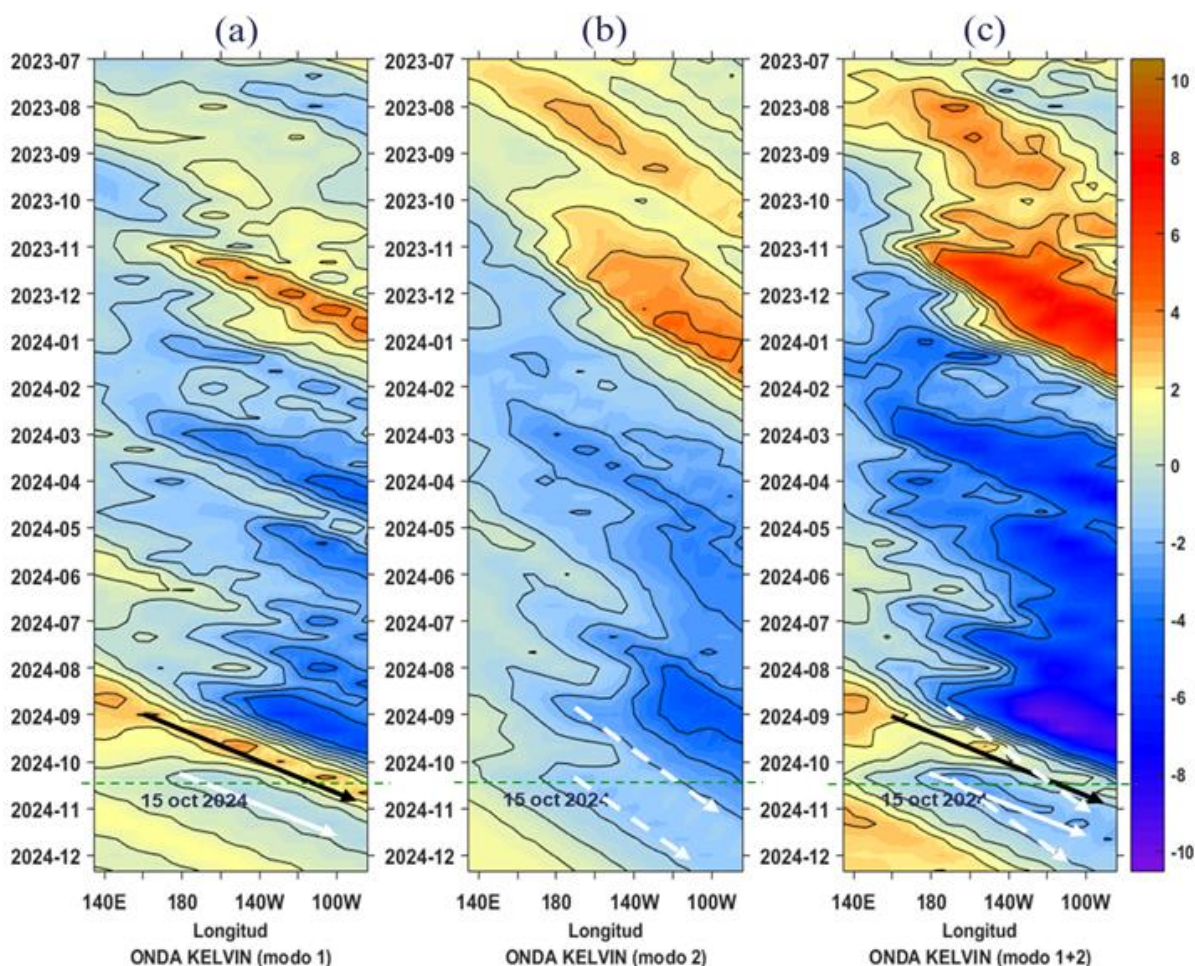


Figura 50. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento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

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

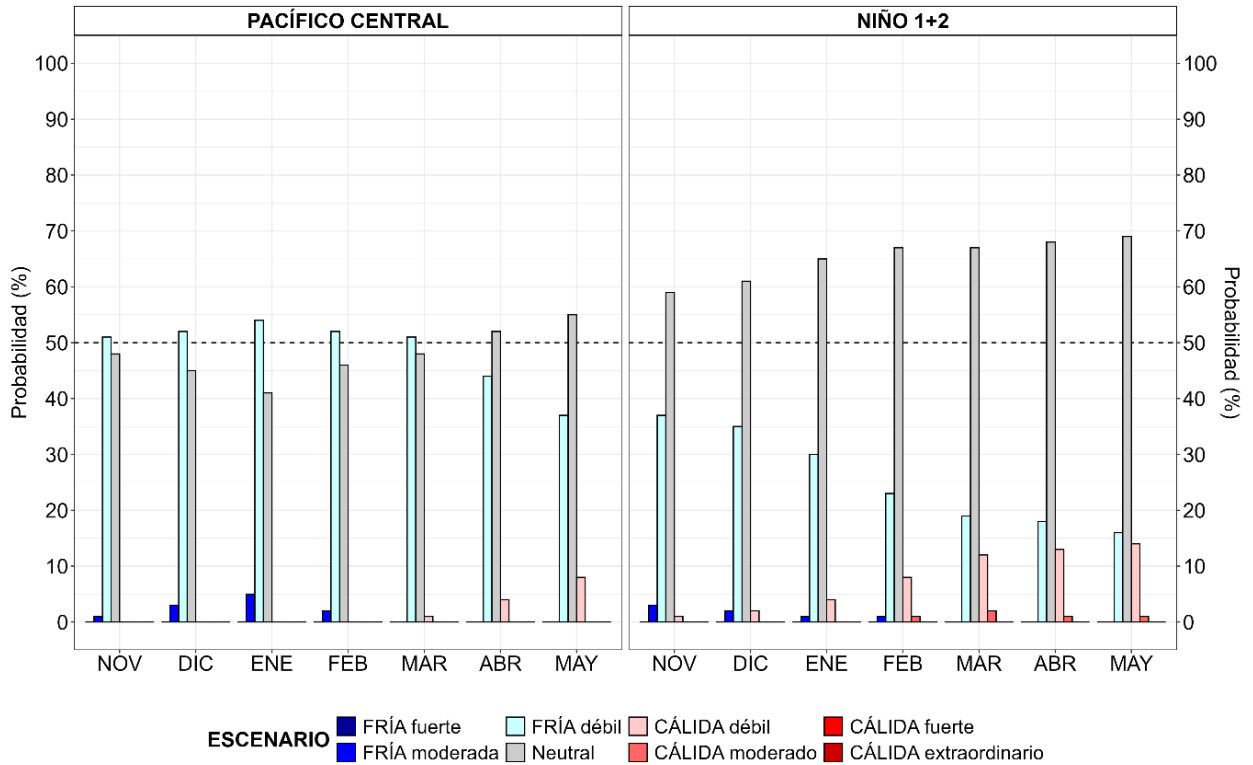


Figura 51. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, frías y neutras en el Pacífico central (región Niño 3.4, barras de la izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, barras de la derecha) de noviembre 2024 a mayo 2025, determinadas por el ENFEN.

VII. REFERENCIAS

- Behringer, D., & Xue, Y. (2003). *EVALUATION OF THE GLOBAL OCEAN DATA ASSIMILATION SYSTEM AT NCEP: THE PACIFIC OCEAN*. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-THE-GLOBAL-OCEAN-DATA-ASSIMILATION-AT-Behringer-Xue/2824da5d850b9c12d20ec304919c311b508d909e>
- Bentamy, A., Croize-Fillon, D., & Perigaud, C. (2008). Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 4(4), 265–274. <https://doi.org/10.5194/os-4-265-2008>
- Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 100(C12), 25041–25059. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>
- Carton, J. A., & Giese, B. S. (2008). A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). *Monthly Weather Review*, 136(8), 2999–3017. <https://doi.org/10.1175/2007MWR1978.1>
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., & Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997–1998 El Niño. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 11-1-11–15. <https://doi.org/10.1029/2001GL014452>
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical Structure of an OGCM Simulation of the Equatorial Pacific Ocean in 1985–94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 19-35
- ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú* (p. 3) [Nota Técnica]. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H. & Luo, J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1559-7> (2019).

- Ham, Y.-G., Kim, J.-H., Kim, E.-S. & On, K.-W. Unified deep learning model for El Niño/southern oscillation forecasts by incorporating seasonality in climate data. *Sci. Bull.* 66, 1358–1366. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.03.009> (2021).
- Helrich, K. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>

- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. *Marine heatwaves in the Humboldt current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños*. *Sci Rep* 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4> Takahashi et al., 2014
- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.
- Quispe, C., Tam, J., Arrellano, C., Chamorro, A., Espinoza, D., Romero, C., & Ramos, J. (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.IMARPE.gob.pe/handle/20.500.12958/3149>
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Demarcq H, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C, Dominguez N, Ramos J, Oliveros-Ramos R. (2018). An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. *International Journal of Climatology*; 1–11. <https://doi.org/10.1002/joc.5493>
- 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*.