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

INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 10 **10 JULIO DE 2024**

Programa Presupuestal por Resultados N° 068:

"Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

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

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

Conformación de la Comisión Multisectorial

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

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

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

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

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

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

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

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico-Técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN
Edición y Producción: Luis Pizarro (Secretaría Técnica del ENFEN)

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

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), 2024.
Informe Técnico ENFEN. Año 10, N° 10, 10 julio de 2024, 78 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: 12 de julio de 2024

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

Índice

I. INTRODUCCIÓN 6

II. MÉTODOS 6

2.1. Variables 6

Temperatura Superficial del Mar (TSM) 7

2.2. Índices 7

Índice Costero El Niño (ICEN) 7

Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés) 8

Índices reproductivos de anchoveta 8

2.3. Modelos y Pronósticos 8

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP) 8

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia 8

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM) 9

Modelos Climáticos de Agencias Internacionales 9

Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto 9

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 10 DE JULIO DE 2024 10

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical 10

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales 18

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras 32

3.4. Condiciones hidrológicas 42

3.5. Condiciones agrometeorológicas 44

IV. PERSPECTIVAS 50

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58

VI. TABLAS Y FIGURAS XX

VI. REFERENCIAS 59

VII. ANEXO 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, el análisis del monitoreo de los impactos en el ecosistema marino, reportando los indicadores de fertilidad y productividad de algunos recursos hidrobiológicos del mar peruano, la respuesta de los principales recursos y de la actividad pesquera. Además, el ENFEN hace un seguimiento constante del impacto hidrológico, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, esta comisión formula la previsión de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

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

II. MÉTODOS

Variables

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el océano global, el producto de TSM del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) proporciona mapas diarios con resolución horizontal de 0,05° x 0,05° (1/20°), 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° x 0,25° (1/4°).
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 cuadriculados en cada sensor. OSTIA utiliza datos satelitales proporcionados por el proyecto GHRSST 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°x 2°, 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°, así como las anomalías de la TSM a 1/4°.

Índices

Índice Costero El Niño (ICEN)

Es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 con respecto a la climatología de 1981-2010 usando, hasta enero de 2020, los datos de Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v3b *real-time* (Huang et al., 2017), y en la actualidad ERSST v5. Se categoriza las condiciones como frías o cálidas; en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria (ENFEN, 2012; Takahashi et al., 2014). El valor temporal del ICEN (ICEN-tmp) se calcula utilizando el promedio de los pronósticos de la ATSM de los modelos de North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente.

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

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

Índices reproductivos de anchoveta

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

Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

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

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

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

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

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

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

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

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

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

Modelos Climáticos de Agencias Internacionales

Los resultados de estos modelos numéricos se utilizan como insumo para el análisis de la perspectiva de mediano y largo plazo (8 meses). En este caso particular se utiliza la información del conjunto de modelos denominado North American Multi-Model Ensemble (NMME) (Kirtman et al., 2014)

Pronóstico 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 3.4[1] y Niño 1+2[2], aplicando los mismos umbrales de anomalías de TSM usadas para definir las categorías El Niño y La Niña (ENFEN, 2012).

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

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

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 10 DE JULIO DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial continuaron disminuyendo las condiciones cálidas, en particular en la región oriental, al este de los 120° W, predominando anomalías negativas durante la segunda quincena de junio; sin embargo, durante la primera semana de julio se registró una tendencia hacia una condición neutra, desarrollándose algunos núcleos ligeramente positivos. En la región central la ATSM se mantuvo dentro de lo normal, pero todavía con tendencia negativa (Figura 1 y Tabla 1). Según los datos semanales del OISST, para la primera semana de julio 2024 la anomalía en la región Niño 3.4 fue de +0,3 °C, en Niño 3 de -0,1 °C y en Niño 1+2 de 0 °C (Tabla 2).

El ICEN de mayo y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de junio de 2024 indicaron condiciones neutras. De igual manera, los valores del ONI de mayo y el temporal (ONI-tmp) de junio corresponden a condiciones neutras (Tabla 3).

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se siguen observando ondas Kelvin (OK) frías y OK cálidas débiles en junio e inicios de julio, donde una cálida habría iniciado su arribo al Pacífico ecuatorial oriental (Figuras 2 a 4). Esta última OK cálida mencionada se habría generado por la reflexión de una onda Rossby cálida en el Pacifico ecuatorial occidental que generó anomalías de corrientes geostróficas del oeste, las cuales, junto con anomalías de esfuerzo de vientos del oeste, contribuyeron a aumentar ligeramente las anomalías de TSM en el Pacífico centro-oriental (140°W – 120°W) (Figura 4). Además, se continúa observando ondas Rossby cálidas en la zona occidental que podrían reflejarse como ondas Kelvin cálidas. Sin embargo, en la zona oriental se observa que las ondas Rossby cálidas disminuyen su intensidad conforme se desplazan hacia la zona occidental (Figura 3). Por otro lado, en la profundidad de la termoclina, durante junio también se detectó el arribo de la onda Kelvin cálida, pero además un paquete de ondas Kelvin frías continúa su propagación hacia la zona oriental. Finalmente, entre fines de junio e inicios de julio se observaron núcleos de anomalías negativas de esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central, las cuales generaron una onda Kelvin fría, localizada actualmente entre los 180° y 140°W, principalmente (Figuras 2 y 4).

Respecto a las condiciones atmosféricas, en lo que va julio de 2024, se ha observado un cambio de patrón en las anomalías del campo de presión atmosférica a nivel del mar en el Pacífico Ecuatorial, en comparación a lo observado en junio. Se han registrado en la región occidental valores de presión cercanos a sus valores climatológicos y anomalías negativas de presión en las regiones central y oriental.

Las anomalías negativas de presión se posicionaron principalmente entre los 10° N - 10° S con valores promedio de -1 hPa. Esto difiere de lo observado en el mes de junio, en el cual se presentaron anomalías positivas de presión en la región occidental y valores de presión próximos a su climatología en las regiones central y oriental. Por otra parte, sobre el continente marítimo (Oceanía), predominaron patrones convectivos entre 120° E - 180, favoreciendo la inestabilidad atmosférica. Además, en Sudamérica, alrededor de 60° W, también se presentaron patrones convectivos que habrían favorecido ascensos de masas de aire y aumento de nubosidad en ciertas regiones. En consecuencia, la configuración de la celda de Walker en lo que va de julio difiere de la del mes de junio, cuando predominó una configuración subsidente en Oceanía. Este cambio en la celda de Walker se ha presentado desde mayo y está probablemente asociado con la declinación y/o culminación del evento El Niño en el Pacífico Central hacia condiciones neutras (Figura 5 c y d).

Respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa) se observó una predominancia de anomalías de vientos del este en el Pacífico Occidental y el Pacífico Central, entre 0°- 20°S y 180° - 120°W. Esto ha cambiado respecto a junio, cuando predominaron patrones de anomalías de vientos del oeste entre 10°W - 10°S y 180° - 150°W. Sin embargo, se ha observado una persistencia de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico Oriental, entre 0° - 20°S (Figura 5 b). En los niveles altos (200 hPa) se presentaron patrones de vientos del noreste entre 60°W - 90°W y 10°S - 20°S, hacia la vertiente nororiental y occidental de Perú, favoreciendo una mayor advección de humedad y nubosidad (Figura 5 a). Esto se asoció a incrementos en la temperatura mínima, evidenciados por anomalías positivas de temperatura mínima que alcanzan hasta +1°C, principalmente en la selva norte y en ciertas zonas de la sierra norte y centro oriental.

En la circulación a nivel de 1000 hPa, hasta lo que va de julio, se ha observado una predominancia de anomalías de vientos del este (aprox. de -2 a -3 m s^{-1}) entre los 120°W - 120°E. De acuerdo con el pronóstico, se prevé que este patrón persista y abarque una mayor área (Figura 6 a). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, pero con una predominancia de anomalías de vientos del este de mayor magnitud y área, alcanzando valores de –3 a –4 m s^{-1}, principalmente al oeste de 180°. De acuerdo con el pronóstico, también se espera un predominio de anomalías de vientos del este, principalmente entre 120°W - 120°E (Figura 6 b). Respecto a la velocidad potencial en altura (200 hPa) en los primeros días de julio, entre 150°W - 90°E predominó la fase divergente, en sinergia con la convección en la celda de Walker. De acuerdo con el pronóstico, se espera que esta fase persista hasta los primeros días de agosto (Figuras 1 y 2 c). Por el contrario, entre 100°W - 60°W, relevante a la zona de Perú, desde junio se ha observado una predominancia de la fase convergente, desfavorable a la convección, que persiste en julio.

Según el pronóstico, esta fase convergente persistirá con valores de hasta +6 m^2 s^{-1} en las anomalías de la velocidad potencial, excepto por una breve ventana divergente en los primeros días del pronóstico. Esto también podría estar asociado a una menor nubosidad debido a la subsidencia e incidir sobre el comportamiento de las temperaturas (Figuras 6 c y 11).

Con respecto a la variabilidad interanual del APS, para el trimestre AMJ 2024, el núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en su rango normal de intensidad (+1,0 hPa) y se ubicó desplazado al suroeste de su posición normal. Con respecto al trimestre MAM, el APS mostró un ligero debilitamiento en su intensidad y un desplazamiento al suroeste en su posición. En junio, en promedio, el núcleo del APS se ubicó en promedio en los 117,5°W y 27,5°S, alcanzando una intensidad de 1020,3 hPa, encontrándose desplazado al noroeste de su posición habitual y con una intensidad menor a la usual (Figura 7).

En particular, en junio el APS presentó en promedio una configuración zonal, con anomalías de hasta -1 hPa en la zona del núcleo y -3 hPa en su periferia. La persistencia de la isóbara de 1014 hPa a lo largo de la costa, la configuración del APS y la variabilidad del gradiente isobárico APS – Costa, estuvieron asociados se los episodios tanto de disminución (del 1 al 15 de junio) e incremento (del 16 al 30 de junio) de los vientos alisios del sudeste en la región costera (Figuras 8 a 10). En lo que va de julio, el APS ha mostrado una configuración meridional y al sureste de su posición climática habitual. Se observó una mayor intensidad en el núcleo del APS en comparación con junio, alcanzando una presión mayor a 1028 hPa (Figura 8). Cabe indicar que entre el 1 y 5 de julio se observaron anomalías de vientos del norte a 1000 hPa, frente a la costa norte y hasta la costa central, incrementando las temperaturas mínimas en la costa norte, principalmente en Tumbes. Posteriormente, del 6 al 10 de julio se observó una recuperación de los vientos alisios frente a la costa peruana (Figura 10).

El pronóstico del modelo GFS, entre el 12 al 18 de julio, indica que el APS se posicionará al noreste de su ubicación climatológica, alrededor de los 20°S - 35°S y próximo a 90°W, con una intensidad de 1022 hPa en su núcleo y una configuración zonal. Entre el 19 al 25 de julio, el APS persistiría en la posición entre 20° S - 40° S y próximo a 90°W, con una mayor intensidad en el núcleo llegando hasta los 1030 hPa (Figura 9). Ello incrementaría la intensidad de los vientos alisios del sudeste en superficie y a 1000 hPa (Figuras 9 y 10).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante el mes de junio y lo que va de julio, en la franja ecuatorial frente a las costas de América, entre los 5°S a 5°N, predominaron velocidades de viento (VV) moderadas, observándose el predominio de anomalías del oeste y noroeste, en particular desde la segunda quincena de junio (Figura 12). En la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron en promedio vientos moderados (de 4,1 a 6,8 m s^{-1}) de dirección sur y sureste, de Talara a San Juan de Marcona. Entre los días 16 al 25 de junio y 06 a 09 de julio, se registraron vientos fuertes con anomalías de VV >+1,0 m s^{-1} de Talara hacia el sur, mientras que en el resto del período se presentaron anomalías negativas a lo largo de la costa (Figura 13).

El afloramiento costero mostró un predominio de condiciones moderadas, desde Talara a San Juan de Marcona (< 200 m^3 s^{-1} 100 m), variando de anomalías negativas a condiciones neutras, salvo en los días de vientos fuertes, en los cuales las anomalías fueron positivas. Respecto al bombeo de Ekman, se detectaron importantes anomalías positivas entre la tercera y cuarta semana de junio, mientras que, en la primera quincena de junio, así como entre fines de junio y la primera semana de julio, estas anomalías positivas se debilitaron (Figura 14).

Durante los primeros 9 días de julio, a lo largo del litoral, tanto las temperaturas máximas como las temperaturas mínimas presentaron incrementos de 0,8 °C y 0,6 °C, respectivamente, en comparación con el promedio de junio de 2024. Este aumento se debe principalmente al ingreso de vientos del norte a lo largo de la costa, ligero calentamiento de la TSM y menor cobertura nubosa. Las temperaturas máximas promedio a lo largo del litoral alcanzaron sus valores más altos en la costa norte, con anomalías de +1,6 °C, mientras que la costa central y sur registraron anomalías de +0,1 °C y +0,4 °C, respectivamente (valores considerados dentro de su variabilidad climática de ±1,0 °C). Las condiciones más cálidas en la costa norte se presentaron en las estaciones meteorológicas de Jayanca (Lambayeque) con +2,8 °C y Bernal (Piura) con +2,7 °C. En la costa sur, la estación de Punta Ático registró una anomalía de temperatura máxima de +2,6 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, la costa norte y central registraron valores por encima de lo normal, con anomalías de +0,6 °C y +0,2 °C, respectivamente, a diferencia de la costa sur, que presentó una anomalía de -0,8 °C (valores considerados dentro de su variabilidad climática de ±1,0 °C). Los mayores valores registrados en las anomalías de temperaturas mínimas se alcanzaron en las estaciones meteorológicas de La Cruz (Tumbes, costa norte) con +1,7 °C y en Huarmey (Áncash, costa central) con +1,6 °C, respecto a su normal climática decadiaria (Figura 15).

La TSM en el mar peruano continuó disminuyendo frente a toda la costa, distribuyéndose las isotermas superiores de 20 °C por fuera de las 100 mn frente a la costa norte y centro y de las 200 mn frente a la costa sur durante junio y la primera semana de julio. Esto se asoció a anomalías negativas predominantes dentro de las 100 mn de la costa de hasta -2 °C. Al norte de los 4° S y cerca de costa se desarrolló un núcleo positivo desde mediados del mes de junio, alcanzando anomalías de hasta +3 °C en la primera semana de julio, mientras que, en la zona centro y sur disminuyeron la intensidad de las anomalías negativas (Figura 16). Por otro lado, dentro de las primeras 100 mn frente a la costa norte, la TSM presentó el incremento durante la segunda quincena del orden de 19 °C a 22 °C para la primera semana de julio, disminuyendo la intensidad de la anomalía negativa y desarrollando una anomalía de +1 °C en promedio, relacionándose este núcleo positivo con la incursión de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) (Figura 17 a).

A otra escala, en el litoral de Perú, durante la primera quincena de junio, la anomalía de la TSM se mantuvo con un valor de -1 °C al norte de Chimbote y cercanos a sus valores climatológicos en el resto de la costa; sin embargo, para la cuarta semana de junio se observa un calentamiento que redujo las anomalías negativas a valores alrededor de lo normal e inclusive anomalías positivas frente a la costa al norte de Paita (Figura 17 b).

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa exhibieron un aumento en la primera quincena de junio, propagándose de norte a sur. Asimismo, entre fines de junio e inicios de julio, frente a la costa norte se observó un nuevo pulso de incremento de las ANM con valores que alcanzaron +17 cm frente a Tumbes, el cual respondería a la señal de la onda Kelvin cálida, así como al debilitamiento del viento del sur y del sudeste frente a la costa norte (Figura 18), mostrando un escenario congruente con el calentamiento superficial registrado al norte de Paita en dicho período. Asimismo, en el litoral la ANM presentó una tendencia al incremento a partir de la segunda quincena de junio e inicios de julio, desarrollando dos picos hasta presentar anomalías de +15 cm, asociados al paso de ondas Kelvin cálidas (Figura 19).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, muestra un valor temporal de -0,46 para junio del 2024, mostrando una condición neutra, mientras que, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelital para la banda de 40 km adyacente a la costa, presentó el valor temporal de -1,1 para junio correspondiente a condiciones frias (Figura 20).

En la columna de agua, durante el mes de junio y primera quincena de julio, entre Tumbes y Chicama y dentro de las 200 mn frente a la costa se detectó el predominio de anomalías negativas sobre los 70 m de profundidad principalmente, con núcleos entre -2 °C y -1 °C; mientras que, hacia finales de junio y primeros días de julio las anomalías negativas se atenuaron e incluso se observaron pequeños núcleos cálidos con anomalías de hasta +1 °C. Además, por debajo de esta capa entre los 70 y 500 m, se observó una transición de ligeras anomalías negativas (-0,5 °C) a anomalías entre cero y +0,5 °C (Figuras 21, 22 y 23). La profundidad de la termoclina, entre fines de junio e inicios de julio, frente a Paita, indicó una posición por debajo de su climatología; mientras que, frente a Chicama se ubicó en una posición más superficial respecto a su posición climatológica, dentro de las 100 mn (Figura 24). En los registros continuos de la columna de agua frente a la costa norte, en junio y primeros nueve días de julio, predominaron las anomalías térmicas negativas de hasta -2 °C sobre los 50 m de profundidad, aunque estas se atenuaron a inicios de julio (Figuras 22 y 25).

A corto plazo, hasta el 18 de julio, el pronóstico de TSM a 30 mn y 100 mn frente a la costa norte (Paita) indica un ligero enfriamiento sobre los primeros 50 m de profundidad, desarrollando anomalías ligeramente negativas de -0,5 °C en la capa superficial (Figura 26 a y b). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama y 40 mn de Chimbote, se espera la elevación de las isotermas de 18 °C y 17 °C y por consiguiente, un enfriamiento de la capa sub-superficial de la columna de agua (Figura 26 c y d). Por otra parte, a 40 mn de Callao se espera la persistencia de anomalías entre +0,5 °C y +1 °C en los primeros 100 m de profundidad, en promedio (Figura 26 d y e). A corto plazo, hasta el 17 de julio, de acuerdo con el modelo MERCATOR, habría un descenso de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 en el rango negativo (Figura 27). La anomalía del nivel del mar indica un cambio negativo en sus valores dentro de los 110 km frente a la costa peruana (Figura 28). La tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo, presentaría primero una tendencia negativa frente a toda la costa peruana, y después una tendencia positiva de la anomalía de la TSM (Figura 29).

Las AES, de baja salinidad y altas temperaturas, que mantenían su influencia al norte de Punta Sal hasta la tercera semana de junio, mostraron un desplazamiento hacia el sur, alcanzando el sector de Paita en lo que va de julio (Figuras 23, 30 y 31). La información *in situ* dentro de dicho período indicó que las AES frente a Tumbes y a Paita ocuparon los primeros 20 m de la columna de agua (Figuras 23 y 31). Al sur de Paita y hasta Pisco, se mantuvo el acercamiento de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia la costa, siendo detectadas frente a Chicama con valores superiores a 35,1 por fuera de las 20 mn y sobre los 80 m entre el 28 y 29 de junio, indicando un mayor acercamiento con respecto al mes anterior, lo cual estuvo asociado a una menor proyección de las aguas menores a 20 °C hacia el oeste (Figura 23).

Frente a Callao, entre la tercera y cuarta semana de junio se detectaron ACF dentro de las 20 mn (confirmado por información *in situ*), mientras que en julio habrían disminuido su influencia a causa de una mayor aproximación de las ASS (Figura 30). Al sur de Pisco, se mantuvo el predominio de ACF con la presencia de celdas de aguas de baja salinidad debido a la influencia de las Aguas Intermedias del Pacífico Sur (AIPSE), aunque con una menor cobertura con respecto a los meses previos (Figura 30).

El pronóstico de salinidad a 30 mn frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica el retroceso de las AES, presentándose una capa de mezcla entre las ASS y ACF sobre los 150 m de profundidad durante las próximas semanas (Figura 32).

Respecto al oxígeno disuelto (OD), para fines de junio e inicios de julio del 2024, en la sección Paita, se apreciaron concentraciones habituales de celdas recientes de afloramiento por los valores inferiores a 4,0 mL L^{-1} registrados en la superficie del mar y dentro de las 40 mn de costa. Asimismo, el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, OD <0,5 mL L^{-1}) se registró por debajo de los 230 m de profundidad (Figura 23). En la sección Chicama a fines de junio 2024, se pudo apreciar dentro de las 40 mn, celdas de afloramiento reciente con valores de OD inferiores a 4,0 mL L^{-1} sobre la superficie del mar. Por otro lado, el límite superior de la ZMO se ubicó entre los 60 m y 130 m de profundidad (Figura 23). Al igual que la termoclina, entre fines de junio e inicios de julio, frente a Paita, la oxiclina se ubicó a mayor profundidad que su climatología; mientras que, frente a Chicama mostró un comportamiento opuesto (Figura 24).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio para junio, concentraciones alrededor de 1 µg L^{-1} dentro de las 40 mn a lo largo de la costa, con núcleos de 3 µg L^{-1} frente entre Callao y Pisco. En lo que va de julio, estas concentraciones disminuyeron ligeramente, predominando valores entre 0,3 a 1 µg L^{-1} dentro de las 40 mn a lo largo de la costa (Figuras 33 y 34). Durante junio predominaron anomalías de -1 µg L^{-1} entre San José y Callao dentro de las 30 mn, mientras que, frente a Pisco se observaron anomalías de +3 µg L^{-1} dentro de las 10 mn. En lo que va de julio, las anomalías de -1 µg L^{-1} se han replegado a la costa, predominando concentraciones dentro del rango neutro; frente a Paita y entre Atico e Ilo, dentro de las 20 mn, se han observado valores superiores a +2 µg L^{-1} (Figura 33). Entre junio y lo que va de julio, en promedio las concentraciones superficiales de clorofila-a han estado por debajo de su patrón climatológico. Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, la anchoveta (*Engraulis ringens*), en la región norte – centro, durante la primera temporada de pesca del 2024, presentó una amplia y continua distribución latitudinal, desde la bahía de Sechura hasta Pisco, dentro de las 60 mn de la costa.

Los mayores núcleos de concentración se presentaron entre Pimentel y Casma, y entre Supe y Pisco (Figura 35 a). La buena disponibilidad del recurso, generó buenos rendimientos en las capturas; es así que se alcanzó el 98,2 % del Límite Máximo Total de Captura (LMTC) establecido (Figura 36 a). La estructura de tallas varió de 7,0 a 16,5 cm longitud total (LT), con moda adulta en 12,0 cm LT. La incidencia de la talla mínima de captura fue 31,3 % en número y 21,5 % en peso. La mayor presencia de juveniles (superior al 50 %) se mantuvo entre los 11°S y 13°S. Los adultos se presentaron entre los 5°S y 9°S (Figura 37 a). Según distancia de la costa, la mayor incidencia de juveniles se presentó dentro de las 10 mn (42 %), disminuyendo progresivamente por fuera de las 30 mn. Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte – centro, mostraron una baja actividad desovante, acorde a lo esperado para esta época (Figura 38), aunque el índice gonadosomático mostró valores por encima de su patrón histórico. En la región sur, la anchoveta de distribuyó de Atico a Ilo dentro de las 15 mn (Figura 35 b). El volumen de pesca presentó una tasa de captura diaria de 400 t en mayo y en junio se incrementó a 1000 t diarias (Figura 36 b). La estructura de tallas varió de 7,0 a 15,5 cm LT, con moda en 11,0 cm LT. La incidencia de la talla mínima de captura fue 74,8 % en número y 63,3 % en peso (Figura 37 b).

En el caso de las especies transzonales, el jurel (*Trachurus murphyi*) se distribuyó principalmente en la región sur, con buena disponibilidad para la flota industrial entre Mollendo e Ilo, de 50 a 60 mn de la costa. La caballa (*Scomber japonicus peruanus*), se distribuyó a lo largo de la costa dentro de las 40 mn. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), mantuvo su cobertura latitudinal desde Punta Sal hasta Morro Sama, dentro de la 50 mn de la costa. (Figura 39).

Respecto a los recursos demersales, durante junio hasta el 07 de julio, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta Parachique. Los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron en dos zonas: i) el área comprendida entre el extremo norte del litoral peruano y los 4°S, y ii) el área comprendida entre los 4°30'S y los 5°30'S. En términos generales, los valores de CPUE presentan una tendencia positiva desde febrero hasta la fecha (Figuras 40 y 41). Se mantiene la presencia del grupo de ejemplares de menor tamaño (< 28 cm de LT). Estos reclutas han mostrado un crecimiento en tamaño, desde que se observó su ingreso a la zona de pesca en el extremo norte del litoral peruano en setiembre de 2023 (Figura 42).

Para los recursos invertebrados, se observó que el calamar gigante *(Dosidicus gigas*) se encontró distribuido entre el extremo norte (03° 30’S) hasta Morro Sama, y hasta las 180 mn de la costa, registrando la mayor concentración en la zona norte, entre Malabrigo y sur de Salaverry (Figura 43).

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de junio y los primeros nueve días del mes de julio del 2024, respecto a los ríos de la vertiente del pacifico norte de Chira hasta el río Chicama, sus caudales estuvieron por debajo de lo normal, de forma muy notoria, mientras que los ríos del Pacifico centro y Pacifico sur del país presentan caudales dentro de lo normal a sobre lo normal, pero con predominio de condiciones normales. Estas condiciones se muestran constantes desde hace tres meses.

En los ríos de la vertiente del Amazonas, predominan condiciones normales, en su gran mayoría, pero el río Amazonas en la estación Tanshiyacu, ya desde marzo viene registrando anomalías ligeramente por debajo de lo normal, que se han vuelto más notorias en este periodo de análisis.

Los ríos de la vertiente del Titicaca tienen condiciones notoriamente por debajo de lo normal, a excepción del río Ramis, que tiene un comportamiento dentro de los rangos normales. Por otro lado, el lago Titicaca sigue disminuyendo, tendencia a un menor del año pasado que, por la época seca, que continuara posiblemente hasta la primavera (Tabla 4).

Los principales embalses del país, al 09 de julio del 2024 se encuentran al 84,3 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que ya los embalses no se están llenando, puesto que permanecen con volúmenes constantes o en su gran mayoría empiezan a disminuir (Tabla 5).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango de la costa norte, las temperaturas mínimas de habituales a ligeramente frías continuaron favorables para la floración y cuajado del mango en Piura; mientras que, en Lambayeque dichas condiciones térmicas también promovieron el inicio de floraciones del mango Kent. Para la campaña de arroz 2024 de la costa norte, las condiciones térmicas propias de la estación vienen promoviendo el desarrollo de plántulas en almácigo y las labores de labranza. En la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas ligeramente frías vienen promoviendo el proceso de inducción y diferenciación floral del olivo para la campaña 2024/2025 (Figura 44).

IV. PERSPECTIVAS

El modelo de Inteligencia Artificial del IGP, con condiciones iniciales de junio, indica 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 del verano de 2025.

Por lo pronto, no existe la probabilidad que en enero de 2025 se desarrolle un Niño E fuerte. Por otro lado, para el índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), se pronostica una tendencia negativa que alcanzaría su máximo valor negativo a finales del verano de 2025 (Figura 45).

Según los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5–NEMO, NASA–GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4, COLA–RSMAS–CESM1), con condiciones iniciales de julio de 2024 y para el Pacífico central (Niño 3.4), en agosto se esperaría la condición fría débil; mientras que entre setiembre de 2024 y febrero de 2025 se esperaría la categoría fría moderada. Finalmente, entre marzo y mayo la condición seria fría débil. De acuerdo a estos resultados, La Niña en el Pacífico central se iniciaría en agosto y se extendería, por lo pronto, hasta mediados de otoño de 2025. Para el verano se espera que La Niña tenga una magnitud débil (Tabla 6).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de modelos de NMME indican, en promedio, condiciones neutras entre los meses de julio y mayo de 2025, aun cuando el ICEN tendría valores negativos (Tabla 7).

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 2 c) y de la profundidad de termoclina (Figura 2 b), no se esperan mayores impactos de las ondas Kelvin y Rossby, tanto frías como cálidas, por ser de baja intensidad. Según el último pulso de viento intenso del este que se observa en el producto CMEMS, se esperaría un conjunto de ondas de Kelvin frías que deberían arribar a la costa peruana entre agosto y setiembre (Figura 2 a).

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado con el reanálisis de NCEP para el diagnóstico (Figura 46) y luego con vientos igual a cero para el pronóstico, indica que se espera el arribo de una onda Kelvin fría entre fines de julio e inicios de agosto (Figuras 47 y 48). La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 07 de julio 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que, entre julio, agosto y setiembre se espera la llegada a las costas Sudamericanas de dos ondas Kelvin frías y una cálida. En julio, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin fría (modo 1), que fue forzada en el Pacifico ecuatorial occidental debido a las anomalías de vientos del este en mayo. Las anomalías de vientos del este en el Pacifico ecuatorial central ocurridas entre junio e inicios de julio habrían debilitado la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin cálida (modo 2), mientras que habrían forzado la generación de otra onda Kelvin fría (modo 2), la cual arribaría a Sudamérica en setiembre (Figura 49). Se debe tomar en consideración que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados y los pronósticos de los modelos climáticos nacionales e internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2, es más probable la condición neutra de setiembre hasta fin de año, seguida de condiciones frías (de 49 % a 42 %), salvo agosto en el cual las condiciones frías son más probables (51 %) (Figura 50). Para el verano 2024-2025, es más probable la condición neutra (56 %), seguida de las condiciones frías (29 %) y cálidas (15 %) (Tabla 8).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) se espera el desarrollo de La Niña de magnitud débil a partir de agosto de 2024, alcanzando su mayor intensidad hacia fin de año, siendo más probable (57 %) que La Niña débil se extienda hasta el verano de 2025 (Figura 50 y Tabla 9).

El pronóstico estacional para julio-setiembre de 2024[4] indica valores de temperaturas del aire inferiores a lo normal en la costa peruana. En la Amazonía predominarán condiciones térmicas de normal a sobre lo normal y en la zona andina temperaturas mínimas entre normales a inferior de lo normal. Asimismo, se espera lluvias por debajo del promedio hasta la primavera, principalmente en la región andina central y sur.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico[5], entre julio y septiembre, en la Región Hidrográfica del Pacífico se prevén que predominen caudales debajo de lo normal en los ríos Chira y Piura; en el rango normal y sobre lo normal en los ríos Rímac y Chancay-Huaral, respectivamente, y normal en el río Ocoña. Dado que en los meses de estiaje se registran los caudales más bajos, principalmente entre junio y septiembre y por la estacionalidad, no se esperan inundaciones por lluvias intensas. En la Región Hidrográfica del Titicaca, se prevé que predominen caudales debajo de su normal, acentuándose a anomalías más negativas para los meses de septiembre y noviembre. Finalmente, en la Región Hidrográfica del Amazonas, se espera que predominen condiciones normales.

En cuanto a los recursos pesqueros, en las siguientes semanas, se espera que la anchoveta intensifique su actividad reproductiva. En la región sur, se mantendrá una mayor disponibilidad de jurel y de caballa. En cuanto a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso se mantenga en niveles similares a los observados entre mayo y junio. Asimismo, se espera que el calamar gigante o pota presente su disponibilidad habitual a la pesquería frente a la costa norte y sur.

---

[4] https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-48.pdf

[5] https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-47.pdf

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN cambia el "Estado del sistema de alerta" de "Vigilancia" a "No Activo"[6], dado que, si bien se espera que continúen las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2, es más probable que estas se mantengan dentro del rango neutral en los próximos meses.

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) se espera el desarrollo de La Niña de magnitud débil a partir de agosto de 2024, alcanzando su mayor intensidad hacia fin de año, siendo más probable que La Niña débil se extienda hasta el verano de 2025

Por otro lado, en la región Niño 1+2 es más probable la condición neutra de setiembre hasta fin de año, salvo agosto en el cual las condiciones frías son más probables. Para el verano 2024-2025, es más probable la condición neutra.

Se recomienda a los tomadores de decisiones y población en general tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo tanto de los pronósticos estacionales como de la posible presencia de La Niña débil en el Pacífico central para la primavera y el verano 2024-2025. 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 viernes 16 de agosto de 2024.

---

[6] No activo: De acuerdo al sistema de alerta, este estado se aplica en condiciones neutras (como es el caso actualmente) 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**
Ene. 24	25.86 1.29	27.52 1.86	28.36 1.82	29.86 1.55
Feb.	27.21 1.11	27.92 1.52	28.27 1.52	29.46 1.26
Mar.	26.74 0.25	28.03 0.83	28.41 1.13	29.31 0.99
Abr.	25.32 -0.21	28.08 0.50	28.60 0.78	29.55 0.92
May.	23.24 -1.17	27.06 -0.19	28.17 0.23	29.70 0.79
Jun.	22.14 -0.99	26.33 -0.29	27.89 0.16	29.68 0.71

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
05-Jun-24	23.1 -0.5	26.5 -0.3	27.9 0.1	29.6 0.8
12-Jun-24	22.7 -0.6	26.5 -0.2	27.7 0.0	29.5 0.6
19-Jun-24	22.1 -0.9	26.4 -0.1	27.9 0.3	29.4 0.5
26-Jun-24	22.1 -0.6	26.2 -0.1	27.9 0.4	29.5 0.7
03-Jul-24	22.4 0.0	26.1 -0.1	27.8 0.3	29.3 0.5

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte
nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1,29	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.98	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
mar-24	0.57	Cálida Débil	1.15	Cálida Moderada
abr-24	–0.11	Neutro	0.75	Cálida Débil
may-24	–0.61	Neutro	0.39	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
jun-24	–0.88	Neutro	0.11	Neutro

Fuente: IGP

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al 09 de julio del 2024.

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s) Junio 2024						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s) Julio- 2024		Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición
Pacifico Norte	Tumbes Cabo Inga	70.60	66.91	61.43	59.36	53.99	50.11	60.40	0.40	Normal	52.80	48.49	50.65	14.50	Normal
	Tumbes El Tigre	68.22	59.98	54.83	52.38	48.40	43.23	54.51	-8.03	Normal	42.13	38.67	40.40	-4.70	Normal
	Chira (ardilla)	34.25	37.23	66.27	49.20	37.33	26.58	41.81	-38.85	Ligeramente por debajo de lo normal	36.86	24.32	30.59	-40.67	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chira (Puente Suallana)	6.48	6.14	7.10	7.88	8.66	9.15	7.57	-63.85	Significativamente por debajo de lo normal	9.65	12.90	11.28	-39.43	Ligeramente por debajo de lo normal
	Piura	0.00	0.10	4.07	3.43	1.41	2.17	1.86	-83.05	Significativamente por debajo de lo normal	1.40	2.00	1.70	-62.78	Significativamente por debajo de lo normal
	Quiroz	8.14	10.85	25.10	15.29	11.82	9.30	13.42	-41.21	Ligeramente por debajo de lo normal	15.34	10.78	13.06	-3.14	Normal
	Motupe	0.87	0.81	0.84	0.75	0.64	0.60	0.75	-30.86	Ligeramente por debajo de lo normal					
	La Leche	1.73	1.05	3.11	2.18	2.43	1.10	1.93	-41.89	Ligeramente por debajo de lo normal					
	Chancay Lambayeque	19.38	18.03	20.21	19.38	21.32	15.00	18.89	-7.57	Normal	14.86	11.50	13.18	1.59	Normal
	Zaña	6.38	6.73	6.88	7.75	6.58	5.95	6.71	1.88	Normal	4.68	4.05	4.37	5.61	Normal
	Jequetepeque	9.28	7.57	6.82	7.26	7.16	6.31	7.40	-30.28	Ligeramente por debajo de lo normal	5.03	3.90	4.46	-23.43	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chicama (Salinar)	4.95	3.94	3.41	3.32	3.22	2.71	3.59	-68.21	Significativamente por debajo de lo normal	2.27	2.10	2.19	-64.18	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chicama (Tambo)	9.68	7.94	7.71	7.24	7.21	6.09	7.65	-6.24	Normal	5.39	5.10	5.25	-12.80	Normal
	Moche	1.71	0.57	0.50	0.50	0.50	0.50	0.71	-52.03	Significativamente por debajo de lo normal	0.00	0.00	0.00	-1.00	Significativamente por debajo de lo normal
	Santa	77.62	68.83	60.72	54.25	50.61	47.82	59.97	6.91	Normal	48.35	48.32	48.33	4.83	Normal
Pacifico Centro	Pativilca	23.70	18.63	19.44	17.75	18.03	17.57	19.19	3.70	Normal	16.90	14.89	15.89	-0.62	Normal
	Huaura	9.36	8.11	7.60	8.56	8.47	8.92	8.50	-0.90	Normal	8.89	8.35	8.62	24.60	Ligeramente sobre lo normal
	Huaral	11.94	11.26	9.11	9.80	10.33	9.62	10.34	72.41	Significativamente sobre lo normal	10.41	10.74	10.57	103.00	Significativamente sobre lo normal
	Chillon	1.85	1.74	1.73	1.68	1.72	1.64	1.73	-11.24	Normal	1.59	1.50	1.54	5.56	Normal
	Rímac	21.11	21.56	21.86	20.75	20.90	20.79	21.16	19.79	Ligeramente sobre lo normal	20.88	20.51	20.70	30.64	Ligeramente sobre lo normal
	Lurin	1.21	1.07	1.06	1.06	1.19	1.15	1.12	70.39	Significativamente sobre lo normal	1.32	1.34	1.33	191.82	Significativamente sobre lo normal
	Mala	3.20	2.52	2.90	3.28	3.18	3.08	3.03	7.37	Normal	2.88	3.00	2.94	56.03	Significativamente sobre lo normal
	Cañete	23.58	23.58	24.10	22.14	21.45	21.24	22.68	16.35	Ligeramente sobre lo normal	20.45	19.72	20.09	40.86	Ligeramente sobre lo normal
	San Juan	5.99	5.99	5.08	4.50	4.50	3.95	5.00	220.45	Significativamente sobre lo normal	3.49	3.16	3.33	175.49	Significativamente sobre lo normal
	Pisco	2.22	2.22	2.29	1.34	1.34	5.19	2.43	-27.00	Ligeramente por debajo de lo normal	4.34	4.10	4.22	59.68	Significativamente sobre lo normal
Pacifico Sur	Ica	0.19	0.17	0.07	0.04	0.04	0.04	0.09	27.06	Ligeramente sobre lo normal	0.04	0.04	0.04	-13.17	Normal
	Acari	3.22	2.74	2.23	2.04	2.05	1.85	2.35	-23.61	Ligeramente por debajo de lo normal	1.70	1.65	1.68	-28.42	Ligeramente por debajo de lo normal
	Yauca	3.60	3.08	2.50	2.08	1.97	1.83	2.51	21.83	Ligeramente sobre lo normal	1.74	1.48	1.61	42.61	Ligeramente sobre lo normal
	Ocoña	50.98	50.99	48.51	47.90	48.33	47.29	49.00	-4.16	Normal	45.54	48.03	46.79	6.62	Normal
	Camana	50.15	48.93	42.77	43.03	41.60	40.09	44.43	2.38	Normal	38.05	36.37	37.21	-3.32	Normal
	Chili	7.94	7.87	7.91	8.25	7.77	7.86	7.93	6.66	Normal	8.63	8.89	8.76	13.34	Normal
	Huaracane	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	-1.77	Normal	0.16	0.16	0.16	-14.19	Normal
	Torata	1.05	1.00	0.80	0.94	0.98	0.97	0.96	3.39	Normal	0.98	0.92	0.95	3.34	Normal
	Tumilaca	0.71	0.68	0.70	0.68	0.68	0.69	0.69	5.50	Normal	0.70	0.70	0.70	11.72	Normal
	Locumba	2.91	2.91	2.95	3.05	3.06	3.01	2.98	20.48	Ligeramente sobre lo normal	2.92	2.92	2.92	11.94	Normal

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s) Junio 2024						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s) Julio- 2024		Promedio (m3/s)	Anomalia (%)	Condición
	Sama	2.06	1.97	2.14	2.10	2.07	1.98	2.05	87.94	Significativamente sobre lo normal	1.88	2.07	1.97	76.19	Significativamente sobre lo normal
	Caplina	0.43	0.41	0.43	0.43	0.46		0.43	-19.78	Ligeramente por debajo de lo normal			#¡DIV/0!		
Marañon	Marañon (Coral Quemado)	261.80	228.48	259.26	276.85	317.02	213.68	259.52	-10.17	Normal	227.40	196.67	212.04	5.58	Normal
	Marañon (Cumba)	287.96	255.75	255.55	244.00	294.45	229.32	261.17	-0.74	Normal	215.80	198.61	207.20	0.26	Normal
	Crisnejas (Puente)	6.66	5.19	5.25	5.15	5.84	4.87	5.49	-56.75	Significativamente por debajo de lo normal	4.55	4.17	4.36	-47.42	Ligeramente por debajo de lo normal
	Crisnejas (Jesus Tunel)	0.48	0.36	0.33	0.38	0.71	0.49	0.46	-64.88	Significativamente por debajo de lo normal	0.36	0.33	0.35	-14.48	Normal
Rios Navegables Norte	Napo	9727.33	9991.17	9565.58	8977.53	8796.48	8266.17	9220.71	-8.51	Normal	7400.19	6941.35	7170.77	-26.25	Ligeramente por debajo de lo normal
	Marañon (San Regis)	22330.47	19266.10	16809.64	17310.23	18883.33	19653.97	19042.29	-10.37	Normal	16904.28	16303.07	16603.68	-6.48	Normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	32134.85	28877.49	24653.53	23098.50	24551.33	25745.26	26510.16	-22.09	Ligeramente por debajo de lo normal	22830.68	21065.90	21948.29	-19.07	Ligeramente por debajo de lo normal
Huallaga	Tocache	579.23	519.15	519.81	658.42	715.78	536.63	588.17	-24.11	Ligeramente por debajo de lo normal	610.49	467.93	539.21	1.65	Normal
	Huallaga (Tingo Maria)	216.11	179.89	195.90	267.32	259.78	189.91	218.15	-8.36	Normal	196.49	164.54	180.51	13.13	Normal
	Huallaga (Taruca)	28.65	26.71	26.03	26.62	31.46	23.69	27.19	-22.63	Ligeramente por debajo de lo normal	22.37	20.03	21.20	-13.66	Normal
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	141.46	140.44	140.32	140.33	140.83	140.32	140.62	-0.37	Normal	140.32	140.32	140.32	0.13	Normal
Mantaro	Mantaro (Pongor)	119.81	110.03	113.13	123.20	141.57	138.59	124.39	6.93	Normal	121.04	114.75	117.90	7.40	Normal
	Mantaro (La Mejorada)	89.00	84.86	87.26	102.29	120.64	111.97	99.34	2.13	Normal	99.45	96.92	98.18	1.69	Normal
	Mantaro (Stuart)	24.65	23.83	27.55	35.37	41.62	38.70	31.95	-37.60	Ligeramente por debajo de lo normal	31.66	30.29	30.97	-41.60	Ligeramente por debajo de lo normal
	Mantaro (Chulec)	31.67	31.05	40.47	55.76	63.88	58.61	46.91	-1.71	Normal	49.43	48.78	49.10	2.43	Normal
Pampas	Pampas	75.82	71.68	69.07	67.59	68.14	63.28	69.26	17.66	Ligeramente sobre lo normal	60.80	59.18	59.99	15.95	Ligeramente sobre lo normal
Apurimac	Antabamba	17.76	16.93	16.37	15.84	15.81	14.60	16.22	-54.49	Significativamente por debajo de lo normal	14.31	13.81	14.06	-54.16	Significativamente por debajo de lo normal
Urubamba	Urubamba (Km 105)	48.72	45.45	43.42	44.74	45.02	38.77	44.35	-4.27	Normal	36.90	34.81	35.85	-8.58	Normal
	Pisac	33.72	31.67	30.32	31.49	32.01	28.50	31.29	-5.66	Normal	27.43	27.06	27.25	1.79	Normal
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	2503.19	1975.70	2156.06	7516.34	4077.56	2942.80	3528.61	-2.12	Normal	3192.12	2592.56	2892.34	2.17	Normal
Titicaca	Huancane	4.09	3.45	3.05	2.77	2.57	2.39	3.05	-32.92	Ligeramente por debajo de lo normal	2.53	2.40	2.46	-36.85	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ramis	21.95	19.03	16.90	15.35	14.10	13.44	16.79	-13.52	Normal	12.62	11.80	12.21	-4.62	Normal
	Ilave	3.24	3.14	3.04	3.04	2.98	2.89	3.06	-62.79	Significativamente por debajo de lo normal	3.52	6.25	4.89	-37.99	Ligeramente por debajo de lo normal
	Coata	7.58	7.93	4.65	3.54	3.74	3.24	5.11	-24.98	Ligeramente por debajo de lo normal	2.13	1.29	1.71	-77.04	Significativamente por debajo de lo normal

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

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 09 de julio del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm^3)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	9-Jul	Piura	445.5	445.5	100.0
	San Lorenzo	9-Jul	Piura	195.6	177.1	90.5
	Tinajones	9-Jul	Lambayeque	331.6	177.2	53.4
	Gallito Ciego	9-Jul	La Libertad	366.1	296.1	80.9
	SUB TOTAL			1338.7	1095.9	81.9
Costa - Centro	Viconga	9-Jul	Lima	30.0	23.6	78.7
	Sistema Rímac	9-Jul	Lima, Junin	282.4	264.6	93.7
	Choclococha	9-Jul	Ica	131.1	111.4	85.0
	Ccaracocha	9-Jul	Ica	40.0	37.7	94.3
	SUB TOTAL			483.5	437.3	90.5
Costa - Sur	Condoroma	9-Jul	Arequipa	259.0	233.2	90.0
	El Pañe	9-Jul	Arequipa	99.6	83.3	83.6
	Dique Los Españoles	9-Jul	Arequipa	9.1	1.4	15.4
	Pillones	9-Jul	Arequipa	78.5	78.5	100.0
	El Frayle	9-Jul	Arequipa	127.2	114.0	89.6
	Aguada Blanca	9-Jul	Arequipa	30.4	17.6	57.8
	Chalhuanca	9-Jul	Arequipa	25.0	25.0	100.0
	Bamputañe	9-Jul	Arequipa	40.0	36.7	91.8
	Pasto Grande	9-Jul	Moquegua	200.0	162.2	81.1
	Paucarani	9-Jul	Tacna	10.5	9.2	87.6
	Laguna Aricota	9-Jul	Tacna	280.0	211.6	75.6
	Jarumas	9-Jul	Tacna	13.0	12.9	99.2
	SUB TOTAL			1172.4	985.6	84.1
Sierra - Centro	Cuchoquesera	9-Jul	Ayacucho	80.0	69.8	87.3
	Lago Junin	9-Jul	Junín	314.7	273.1	86.8
	SUB TOTAL			394.7	342.9	86.9
Sierra - Sur	Lagunillas	9-Jul	Puno	585.1	485.1	82.9
	Sibinacocha	9-Jul	Cusco	110.0	94.50	85.9
	SUB TOTAL			695.1	579.6	83.4
Situación Nacional	**Situación Nacional**		**-**	**4,084.4**	**3,441.4**	**84.3**

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	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2	–0.49	–0.88	–1.17	–1.28	–1.25	–1.06	–0.82	–0.53	-------	-------
CanCM4i	–1.27	–1.58	–1.72	–1.90	–2.04	–2.06	–2.00	–2.14	–2.58	–3.04
GEM5_NEMO	–0.61	–0.95	–1.05	–0.95	–0.94	–0.91	–0.84	–0.72	–0.62	–0.54
NASA	–1.03	–1.49	–1.62	–1.72	–1.85	–1.83	–1.70	-------	-------	-------
GFDL_SPEARE	–0.05	–0.30	–0.54	–0.74	–0.79	–0.64	–0.37	–0.09	0.09	0.20
COLA-CCSM4	–0.71	–1.03	–1.14	–1.18	–1.14	–0.98	–0.67	–0.28	0.04	0.25
COLA_CESM	–0.69	–1.11	–1.28	–1.31	–1.21	–1.05	–0.88	–0.67	–0.47	–0.28
Promedio										
NMME	–0.69	–1.05	–1.22	–1.30	–1.32	–1.22	–1.04	–0.74	–0.71	–0.68

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	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2	–0.31	–0.21	–0.13	–0.23	–0.39	–0.43	–0.30	–0.12	NaN	NaN
CanCM4i	–1.50	–1.86	–2.26	–2.59	–2.49	–2.04	–1.58	–1.53	–2.16	–2.93
GEM5_NEMO	0.15	0.35	0.32	0.20	0.11	0.21	0.35	0.43	0.11	–0.23
NASA	–0.87	–0.92	–0.96	–1.08	–1.15	–1.12	–0.94	NaN	NaN	NaN
GFDL_SPEARE	–0.21	–0.19	–0.13	–0.10	–0.05	0.04	0.21	0.32	0.47	0.60
COLA_CCSM4	–0.40	–0.24	–0.20	–0.37	–0.54	–0.50	–0.27	0.02	0.33	0.74
COLA_CESM	–0.26	–0.10	0.00	–0.04	–0.17	–0.24	–0.17	–0.01	0.14	0.27
Promedio										
NMME	-0.49	-0.45	-0.48	-0.60	-0.67	-0.58	-0.39	-0.15	-0.22	-0.31

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

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	3
La Niña Débil	26
Neutro	56
El Niño Débil	13
El Niño Moderado	2
El Niño Fuerte	0
El Niño Extraordinario	0

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

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	6
La Niña Débil	51
Neutro	42
El Niño Débil	1
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Muy fuerte	0

6.2. Figuras

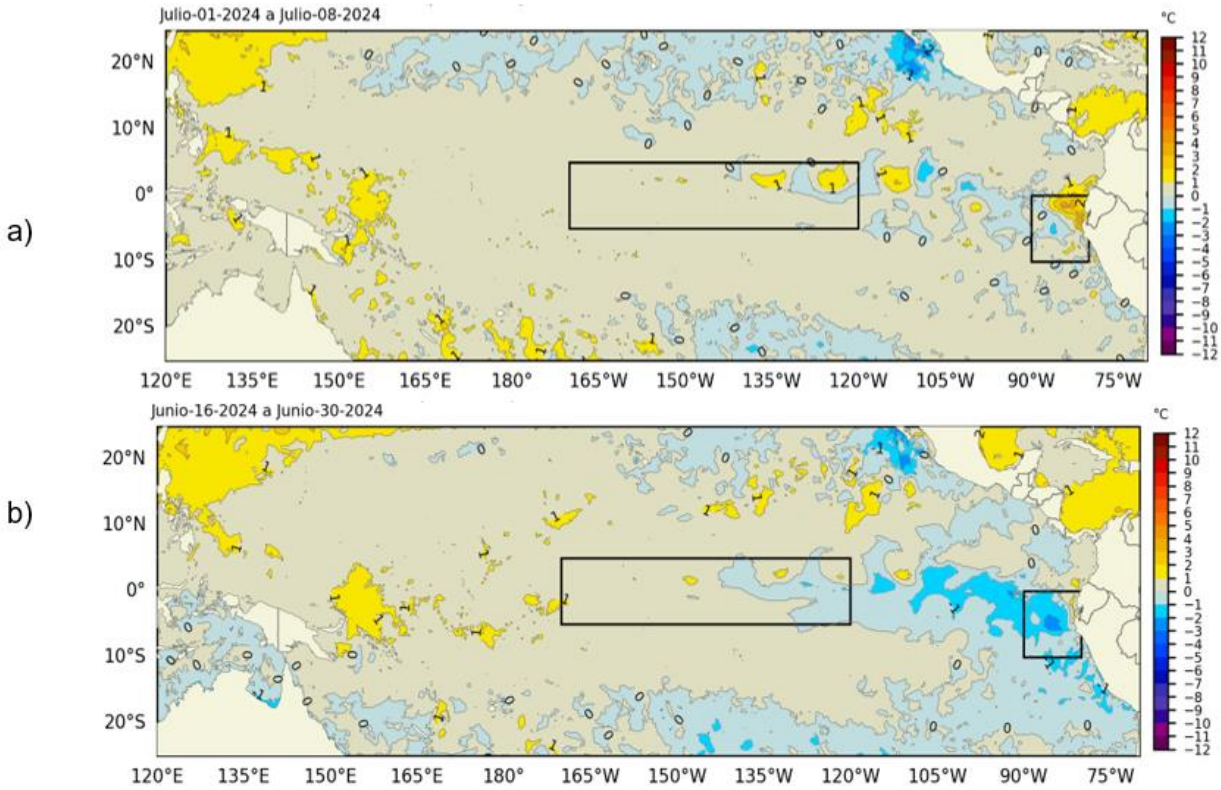


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 01 al 08 de julio 2024, y b) 16 al 30 de junio 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

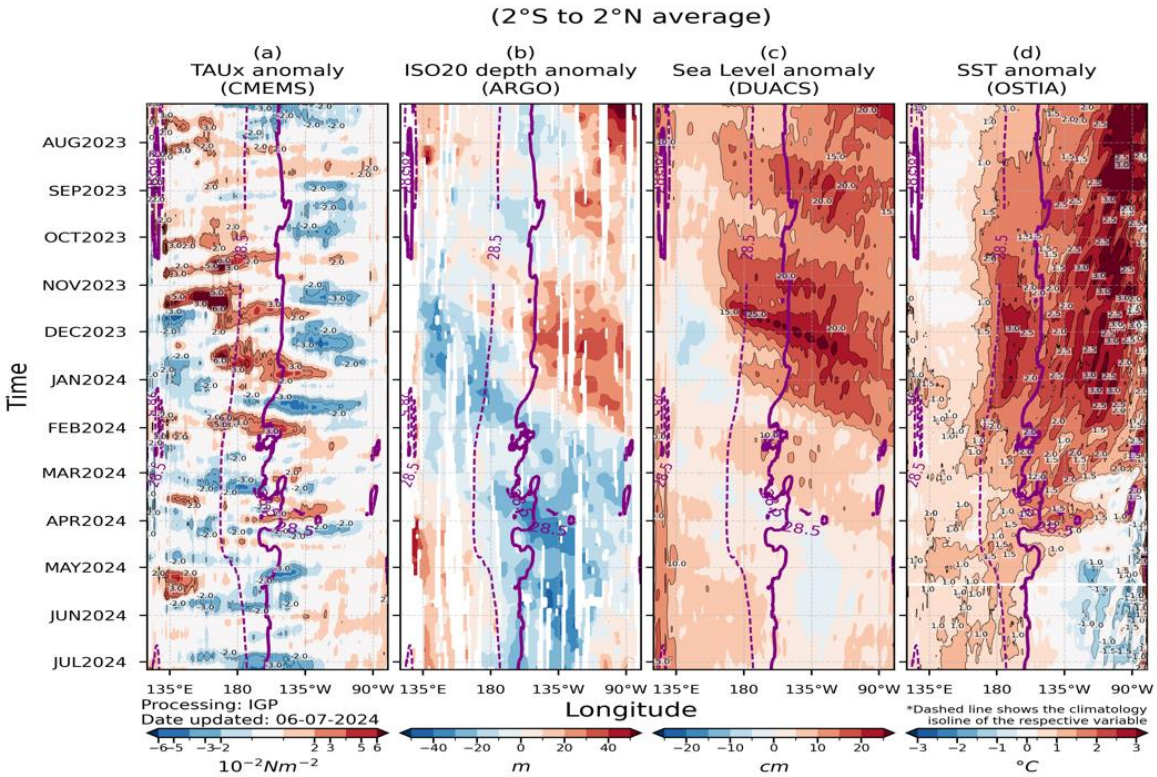


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.

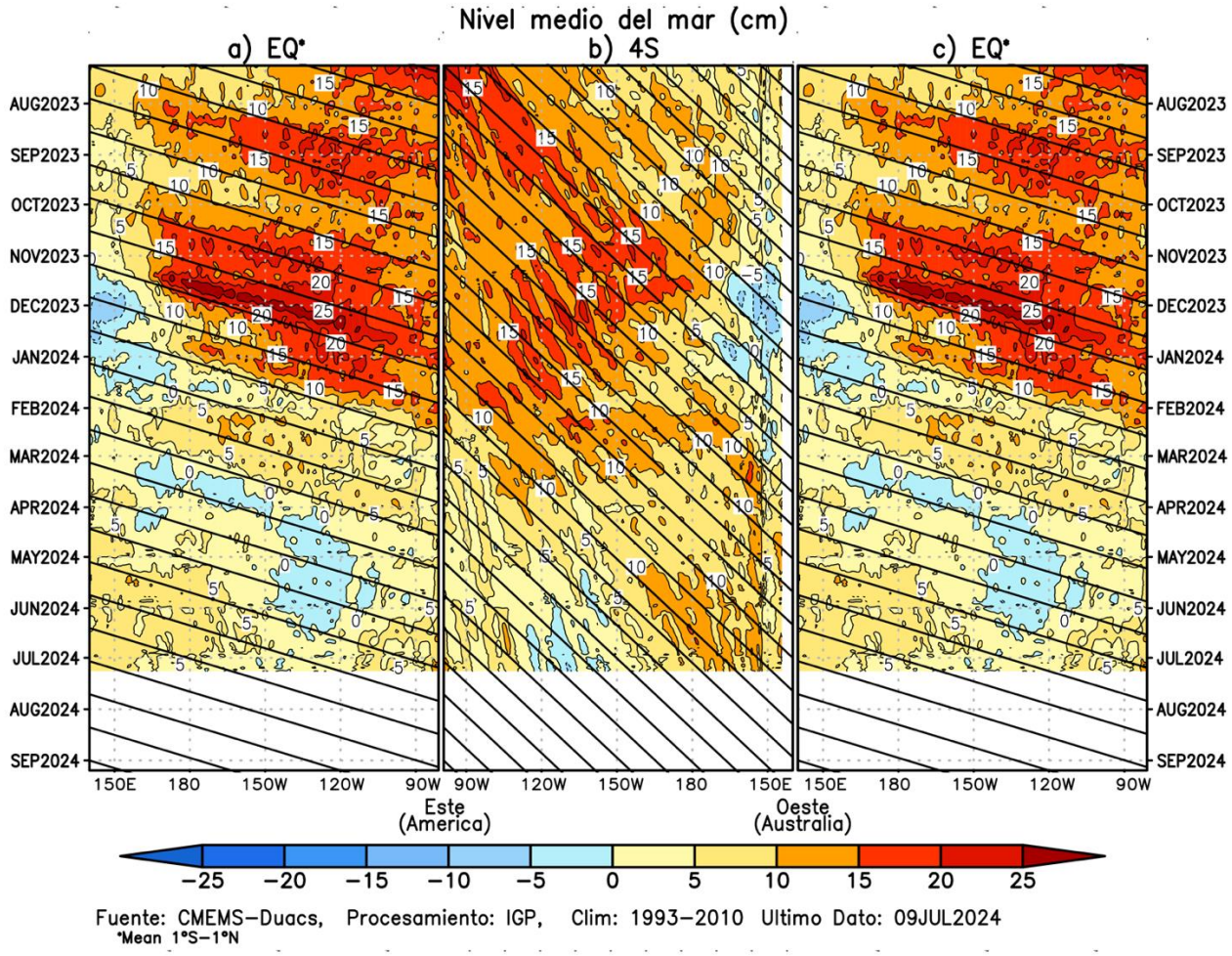


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duac a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras este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

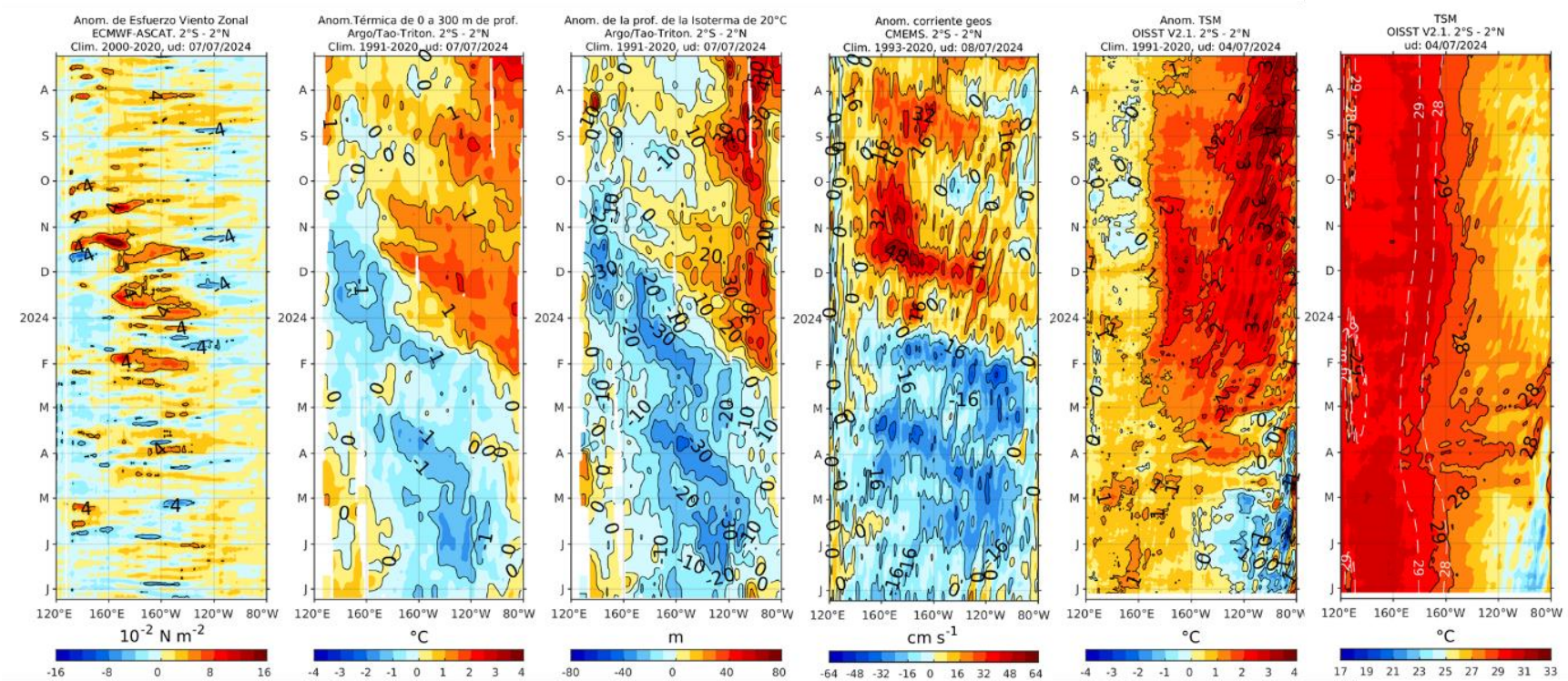


Figura 4. Diagrama Hovmöller de a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ECMWF-ASCAT; b) anomalía térmica sobre los 300 m de profundidad. Fuente: ARGO; c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO; d) anomalía de corrientes gesotróficas (cm). Fuente: CMEMS; e) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OISST V2.1; y f) Temperatura superficial del mar (°C), contornos negros y blancos son las isotermas de 28 °C y 29 °C observadas y climatológicas, respectivamente. Fuente: OISST V2.1. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

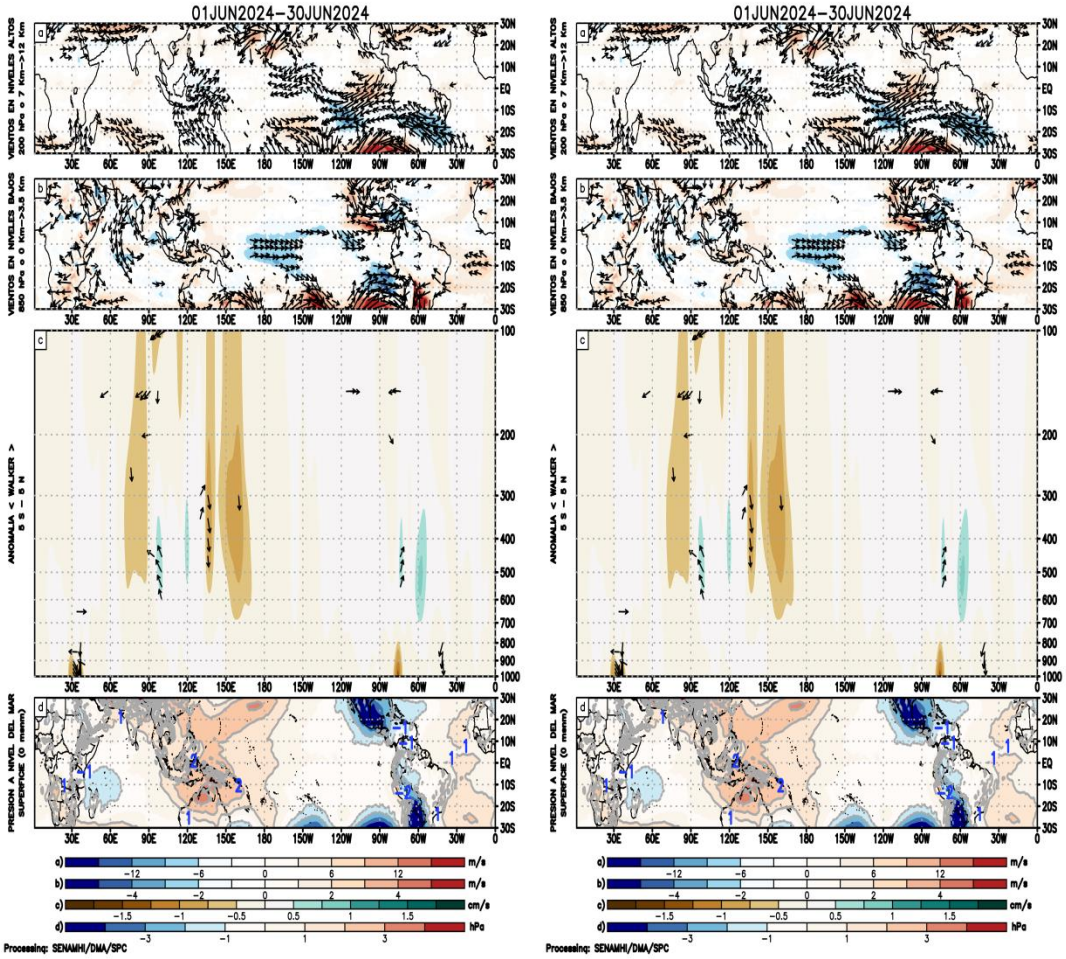


Figura 5. Patrones de la circulación atmosférica tropical en el mes de junio (izquierda) y entre el 1-9 de julio de 2024 (derecha), (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

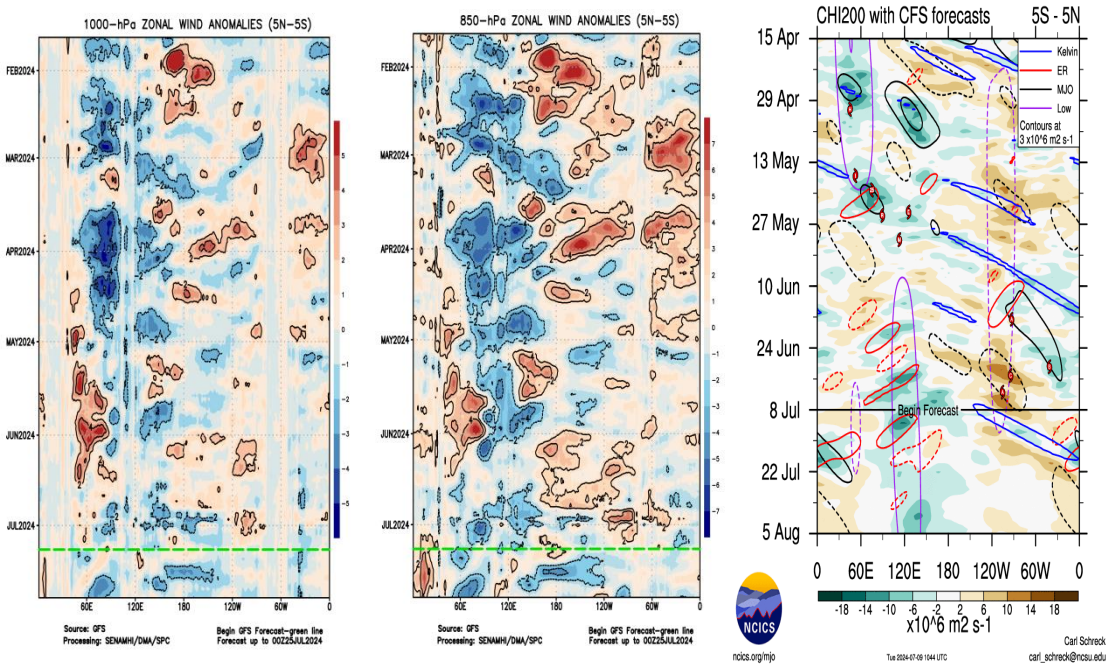


Figura 6. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S y de enero a julio del 2024, del (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

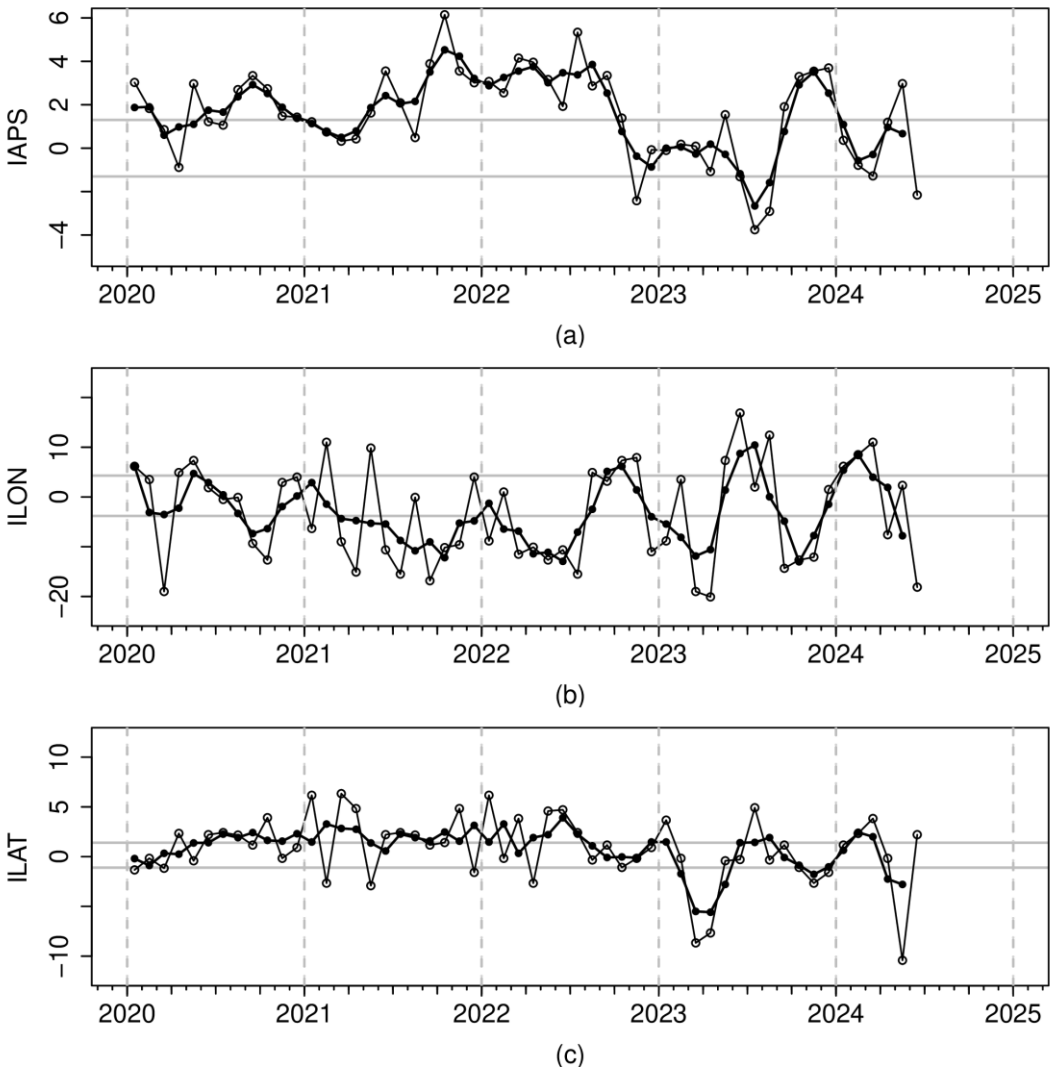


Figura 7. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre AMJ 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta junio 2024. Climatología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

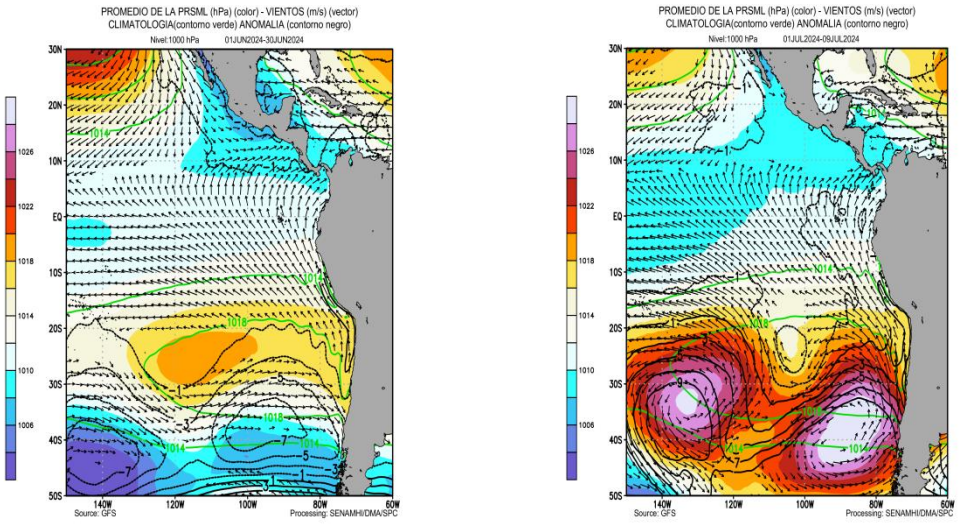


Figura 8. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 30 de junio (izq.) y 1 al 9 de julio (der.) de 2024. Presión promedio en matiz de colores y presión atmosférica climática en línea verde. Anomalía de la presión en líneas negras y anomalías del viento en 850 hPa (m s^{-1}) en vectores. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

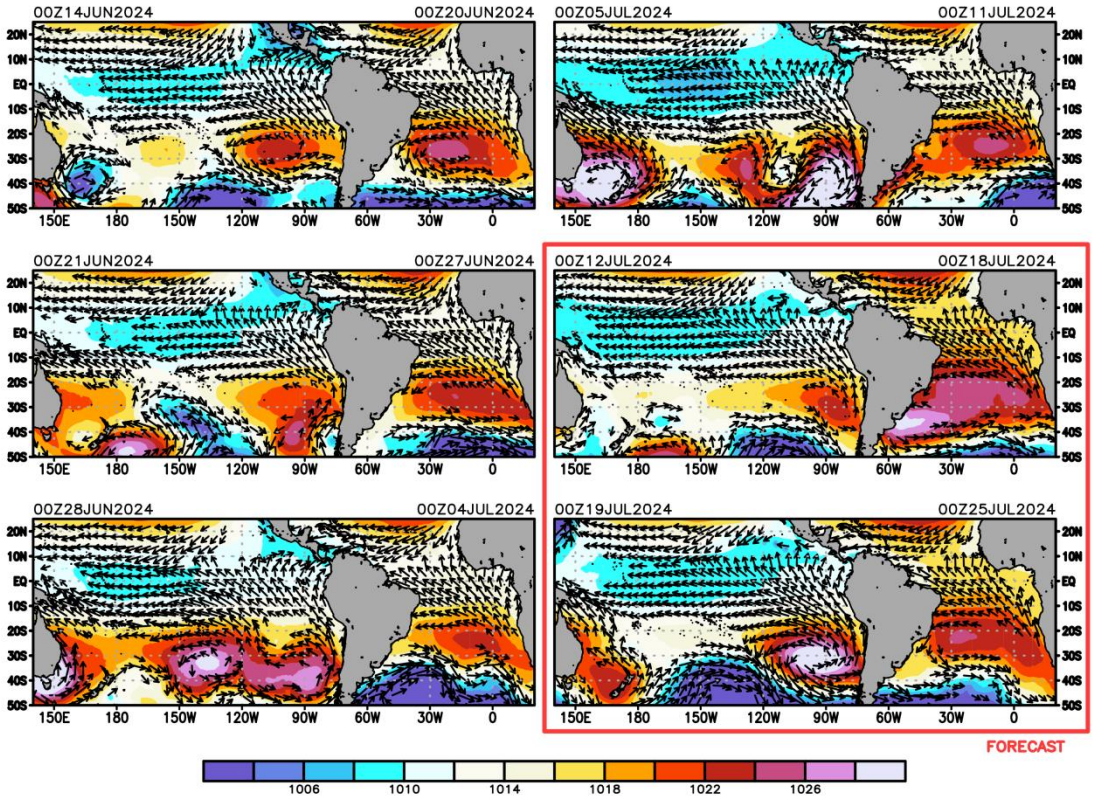


Figura 9. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas), del 14 de junio al 11 de julio de 2024 (retrospectivo) y del 12 al 25 de julio del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

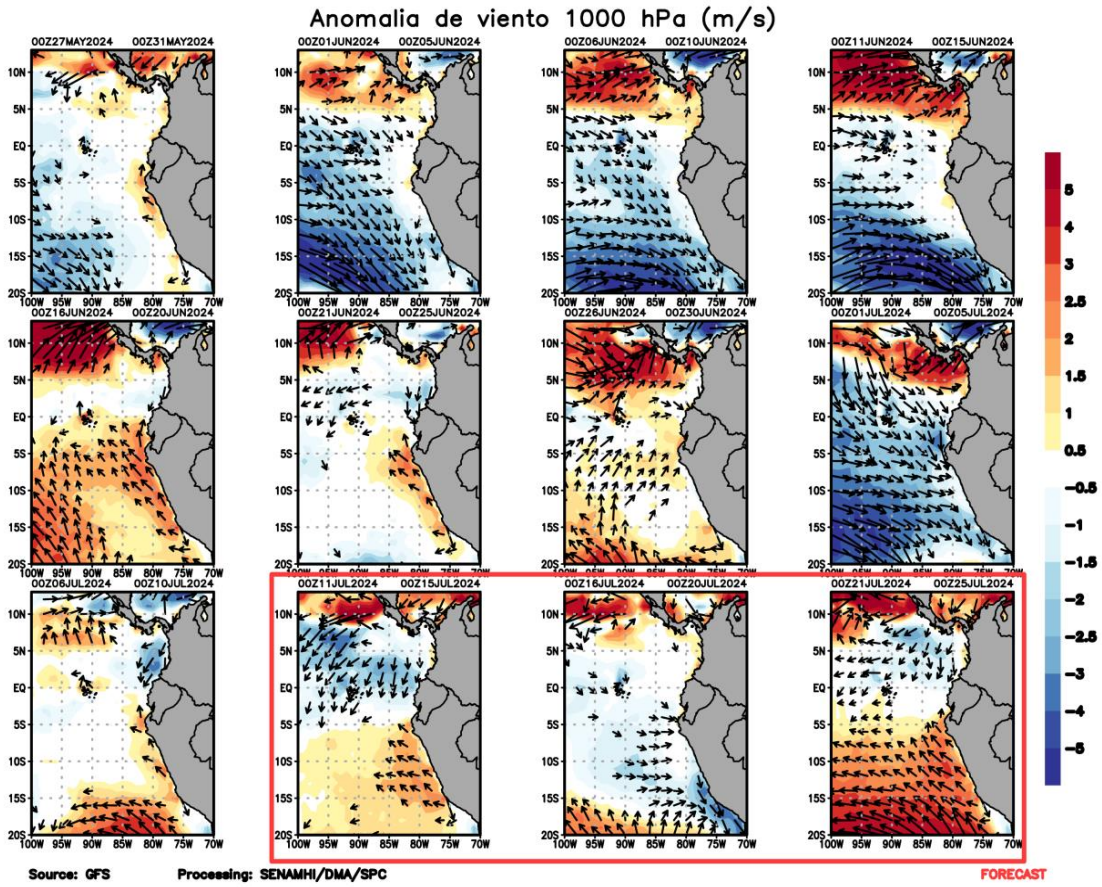


Figura 10. Anomalía pentadal del viento (m s^{-1}) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica, del 27 de mayo al 10 de julio de 2024 (retrospectivo) y del 11 al 25 de julio del 2024 (pronóstico). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

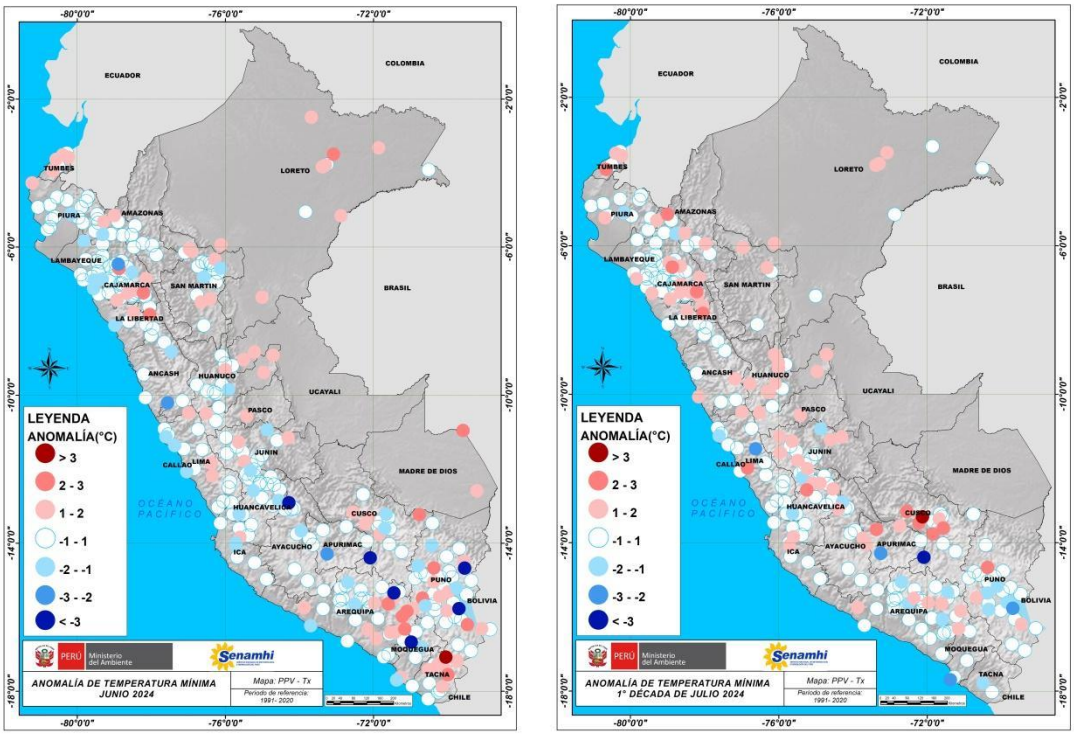


Figura 11. Anomalía mensual de precipitación (%) para el mes de junio (izq.) y 1-10 de julio (der.) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

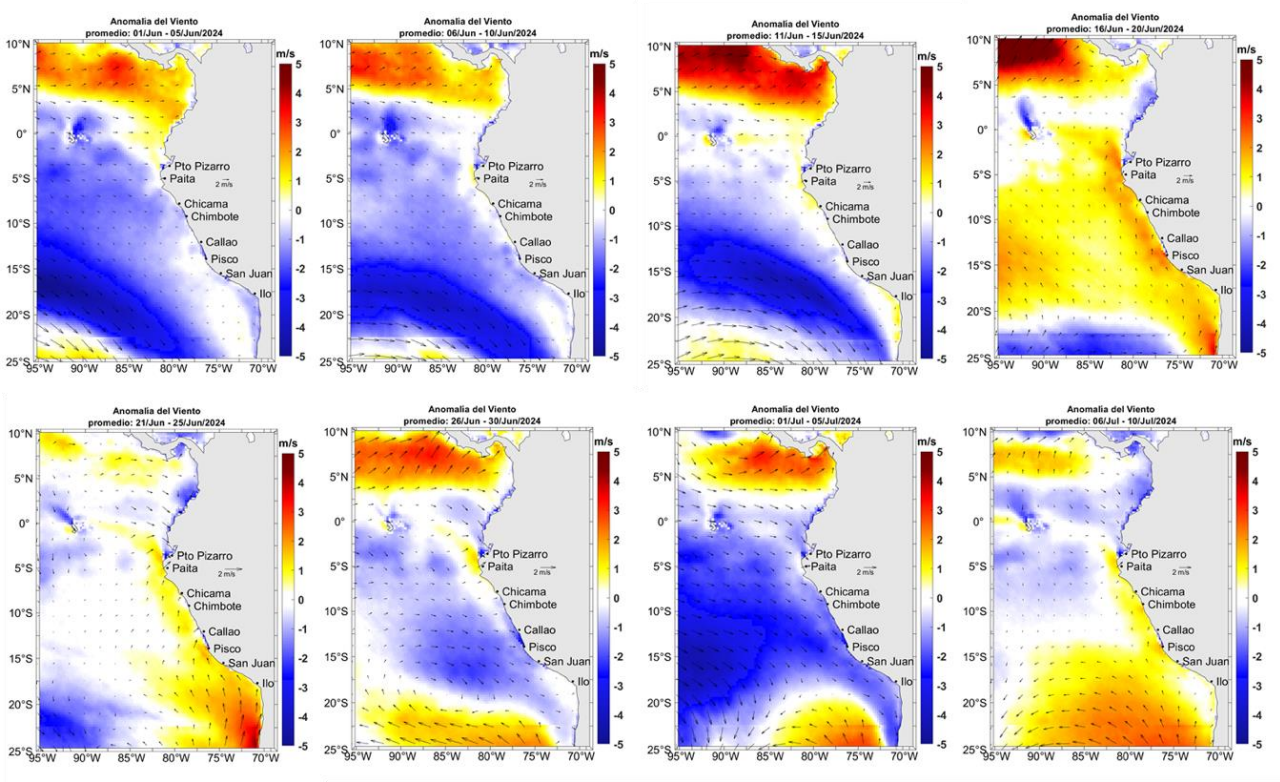
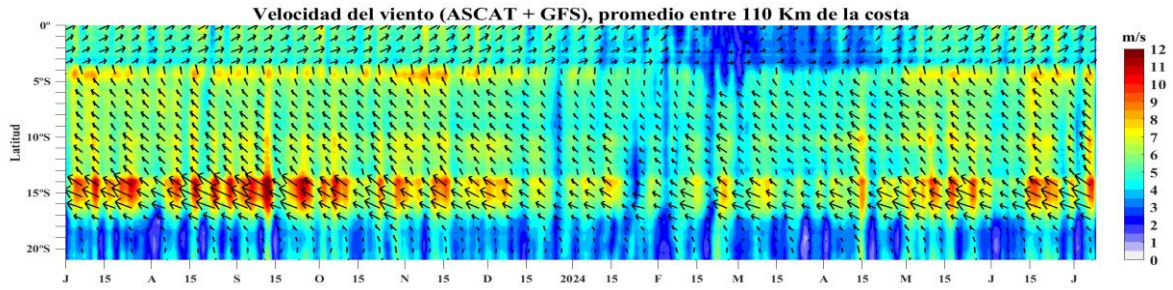


Figura 12. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de junio al 09 de julio 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

a)



b)

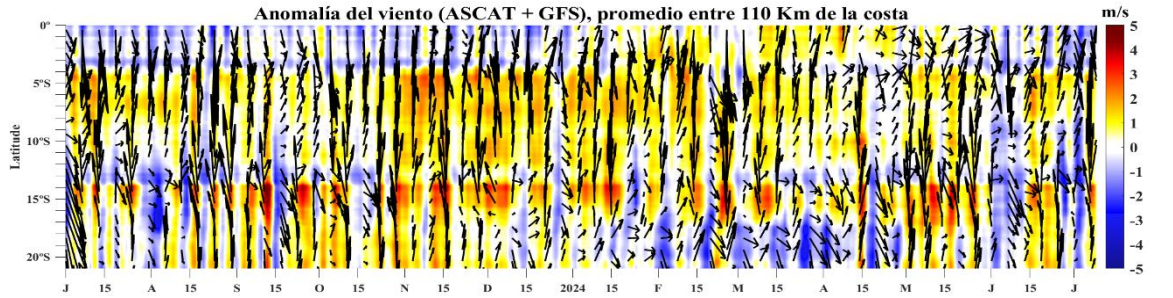
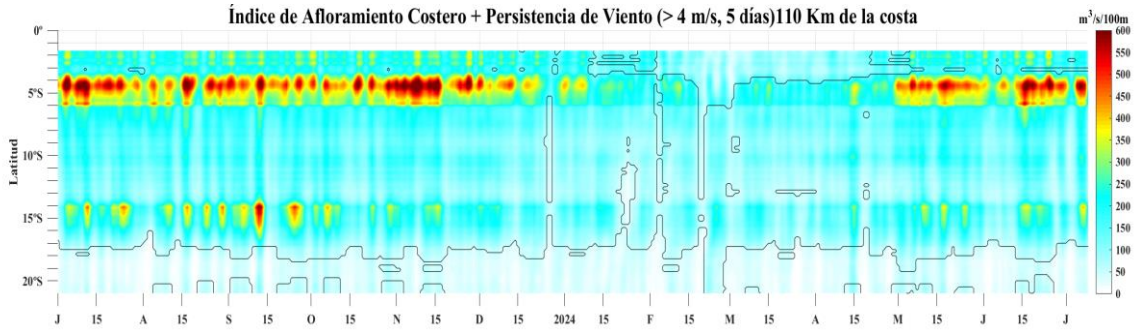
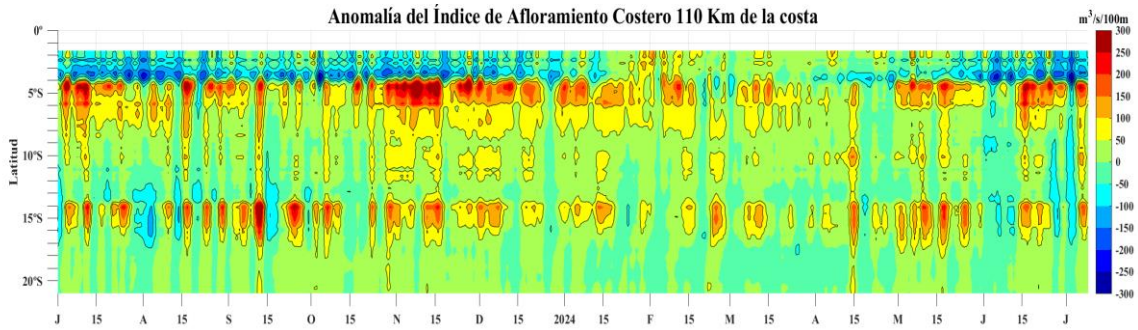


Figura 13. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 09 de julio.

a)



b)



c)

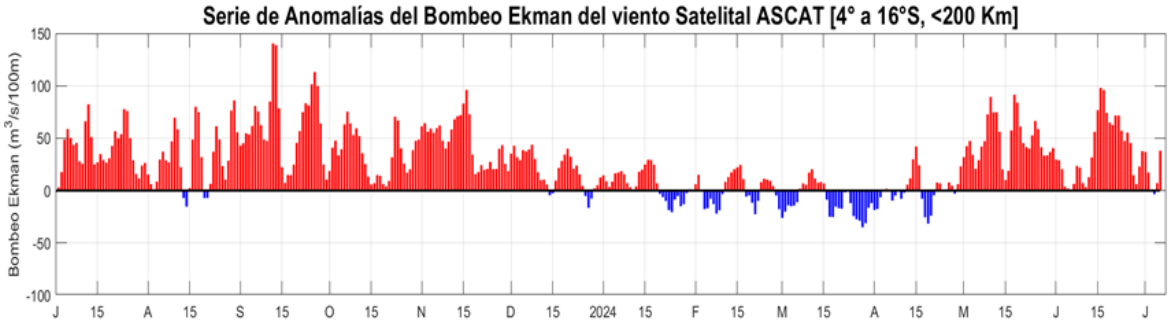


Figura 14. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC (m^3 s^{-1} 100 m^{-1}), b) Anomalía del IAC (m^3 s^{-1} 100 m^{-1}) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km (m^3 s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 09 de julio.

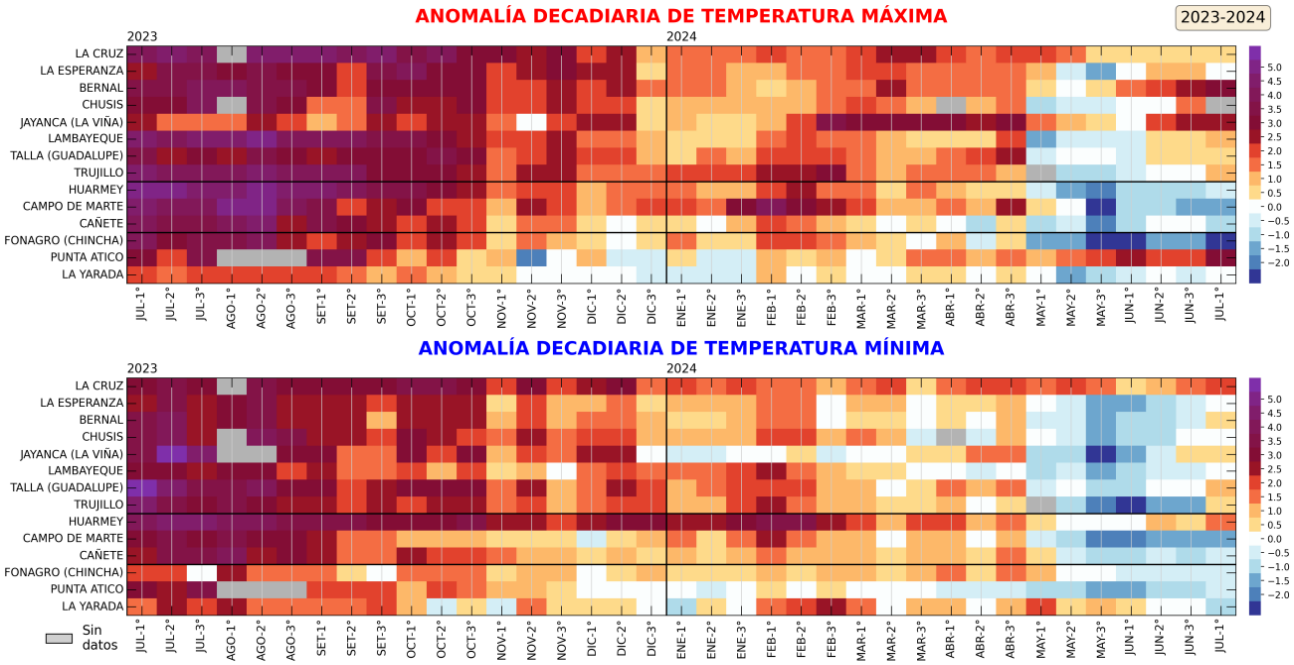


Figura 15. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

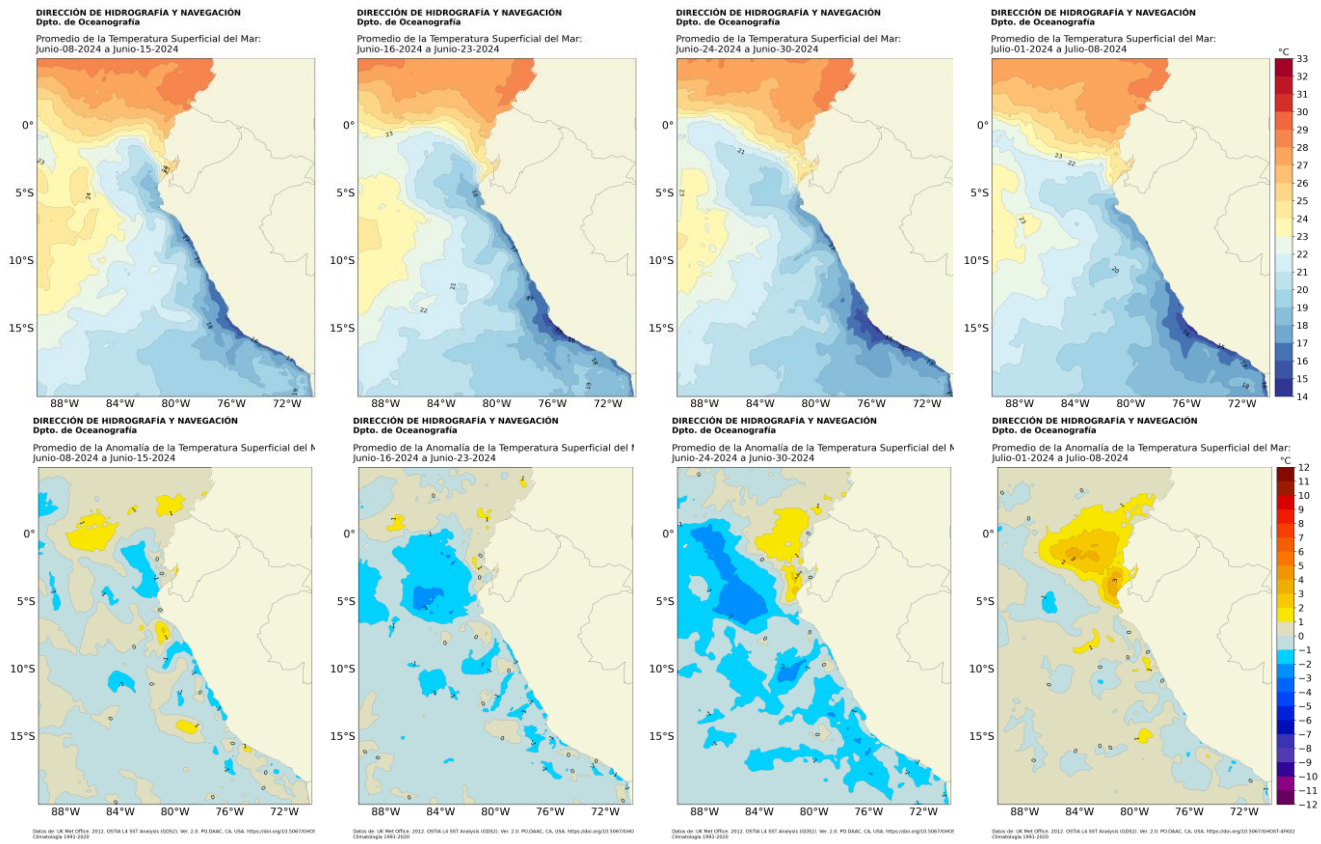
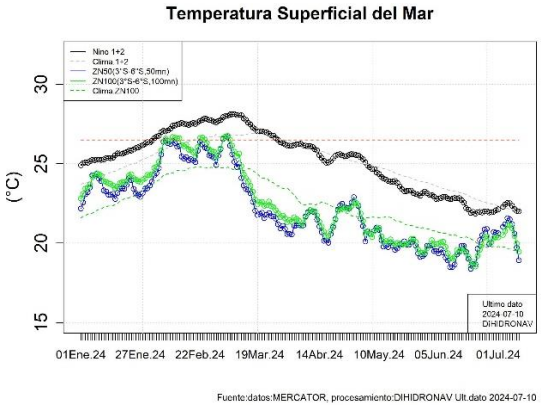


Figura 16. Distribución semanal a) temperatura superficial del mar (TSM) y b) anomalía de la TSM, del 08 de junio 2024 al 08 de julio 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

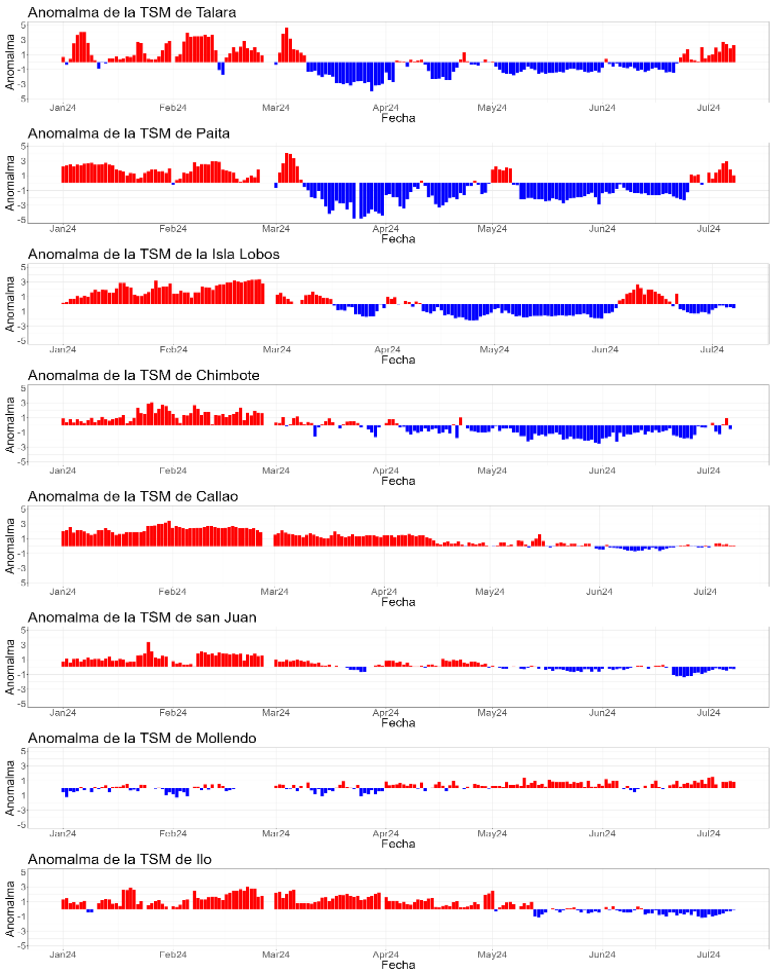
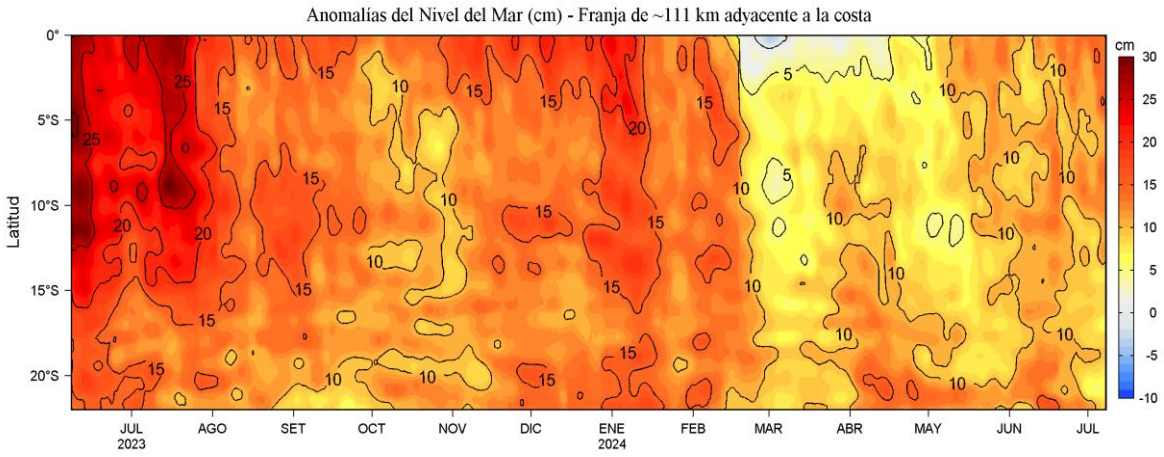


Figura 17. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 08 de julio 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero al 08 de julio 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

a)



b)

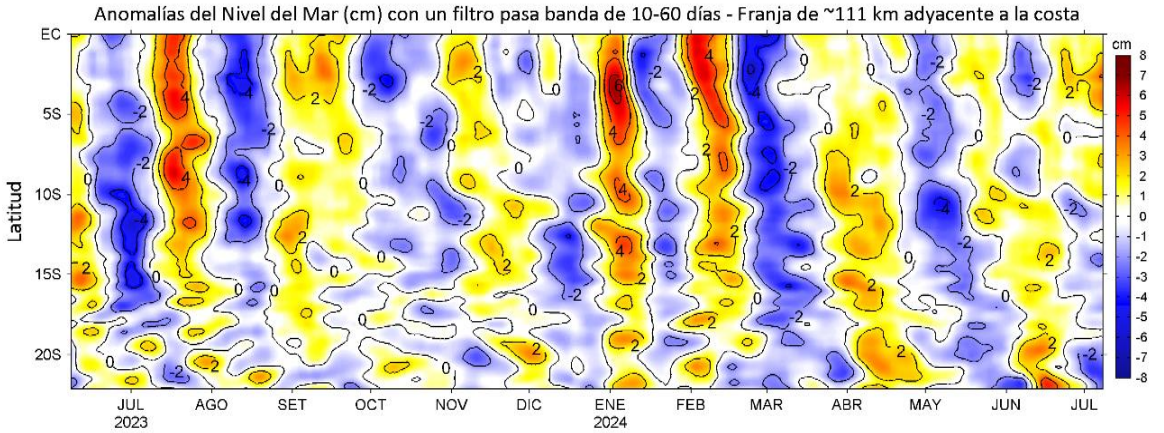


Figura 18. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 08 de julio del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

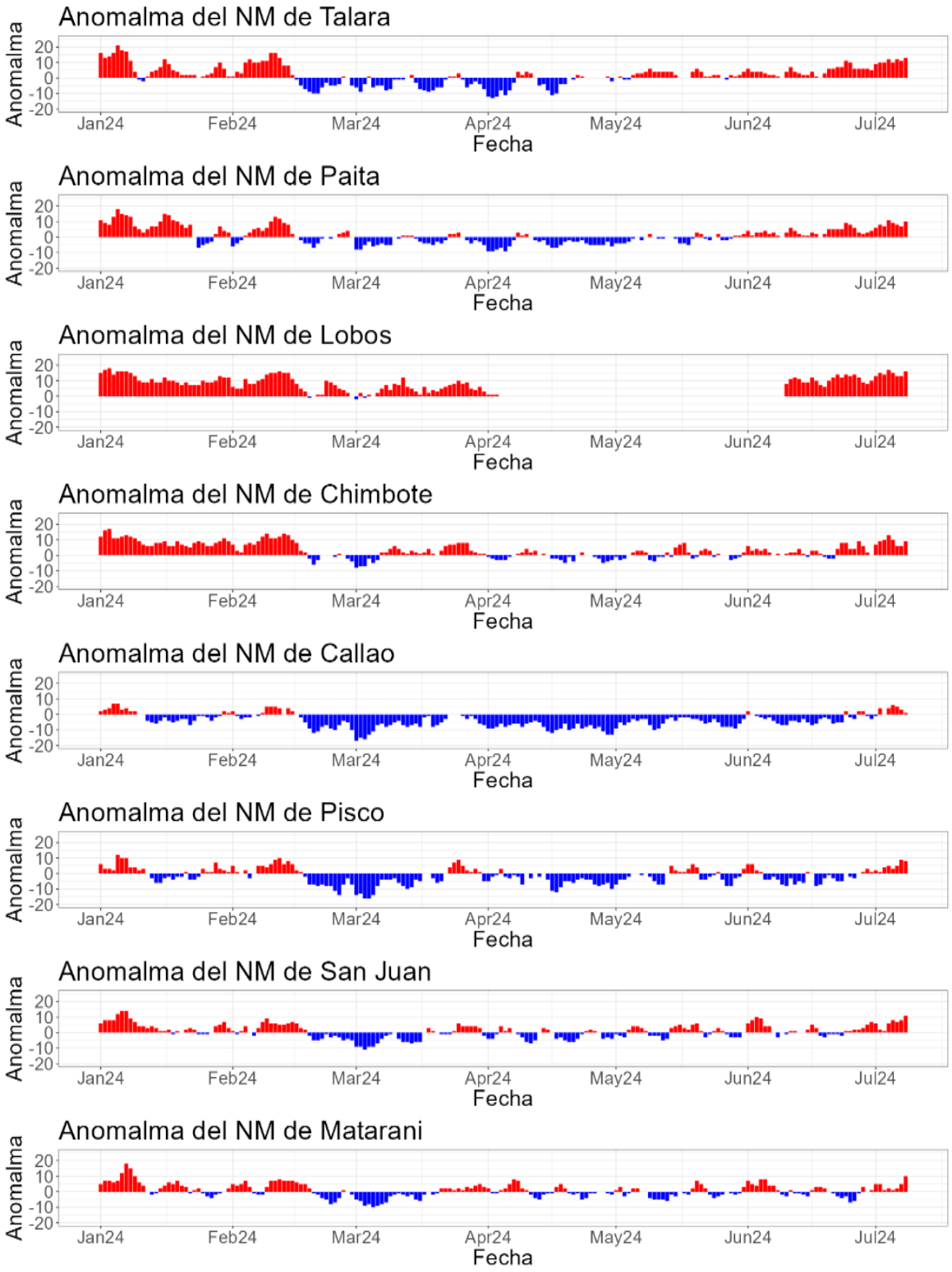
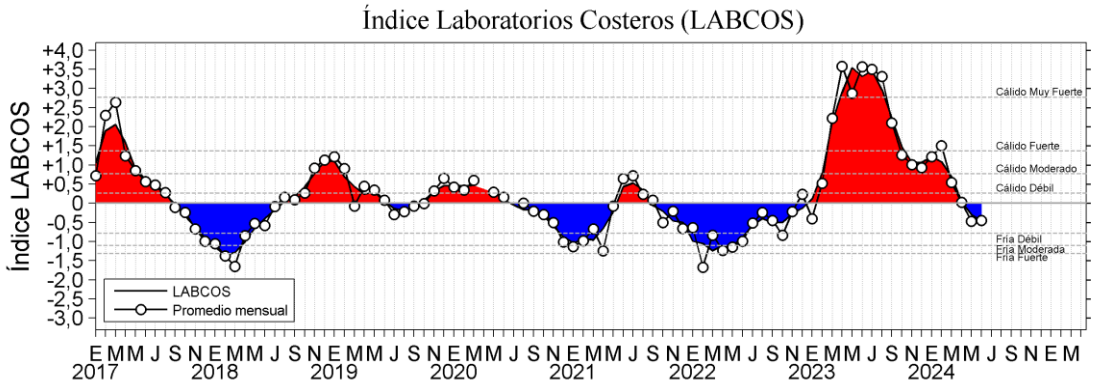


Figura 19. Anomalía de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 08 de junio 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

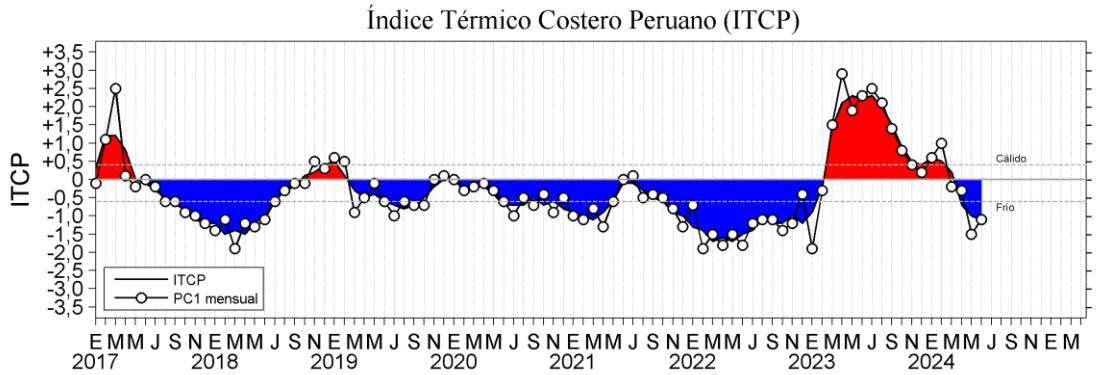


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a junio 2024.

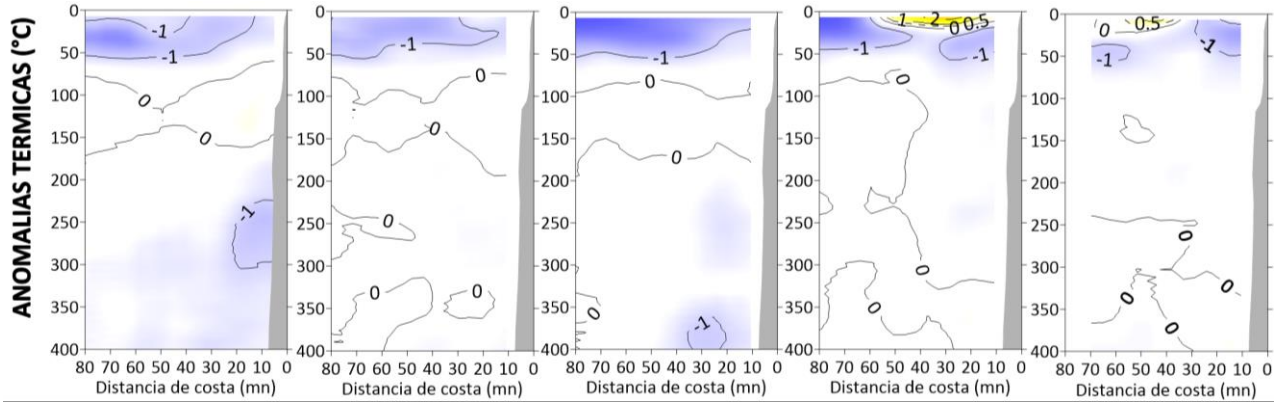


Figura 21. Secciones verticales de anomalía térmica (°C) y salinidad en la columna de agua registradas por el glider Mochica en despliegues realizados frente a Negritos – Talara, registrados entre el 05 de junio y el 02 de julio. Climatología: 1991-2020. Fuente: IMARPE.

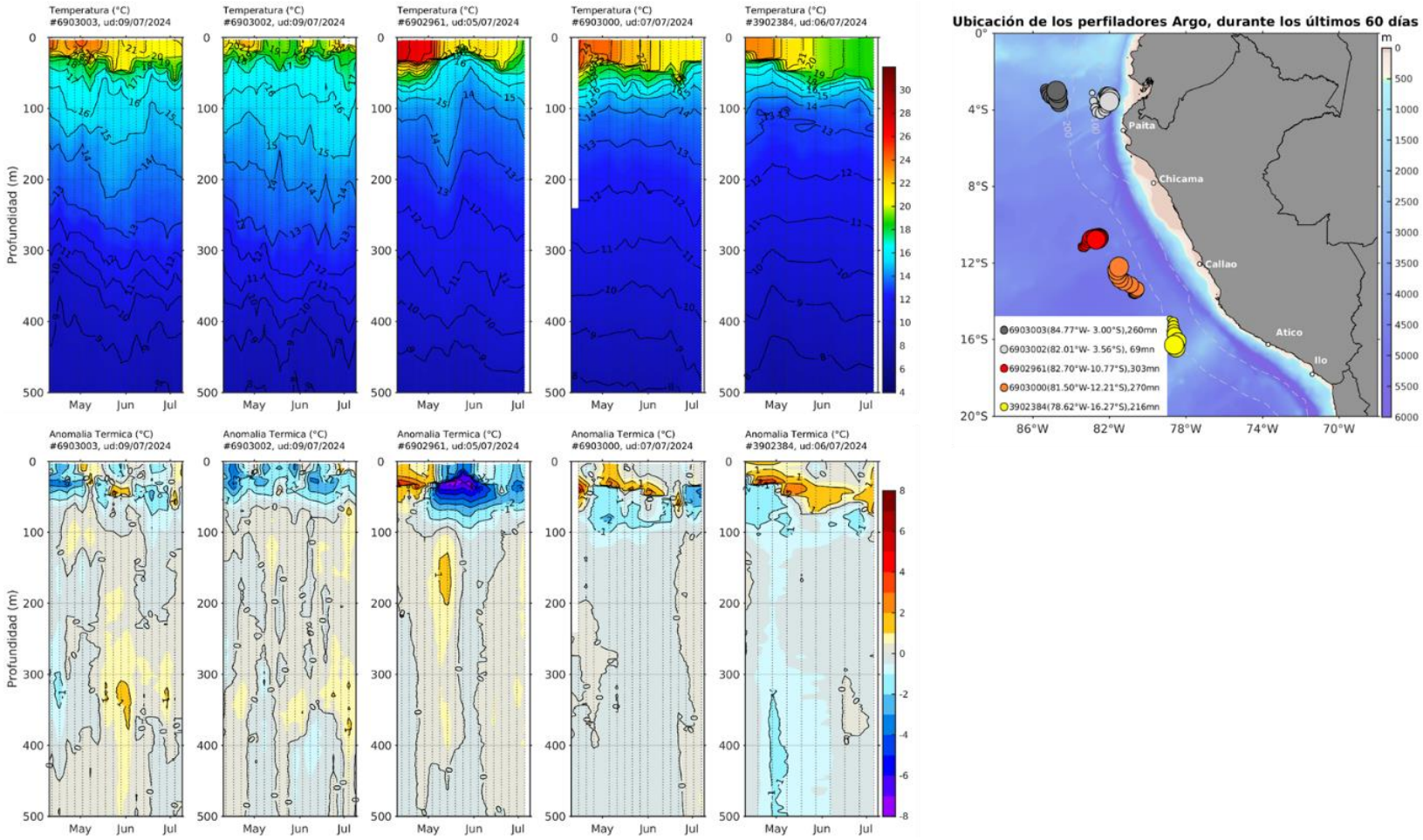


Figura 22. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (julio 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

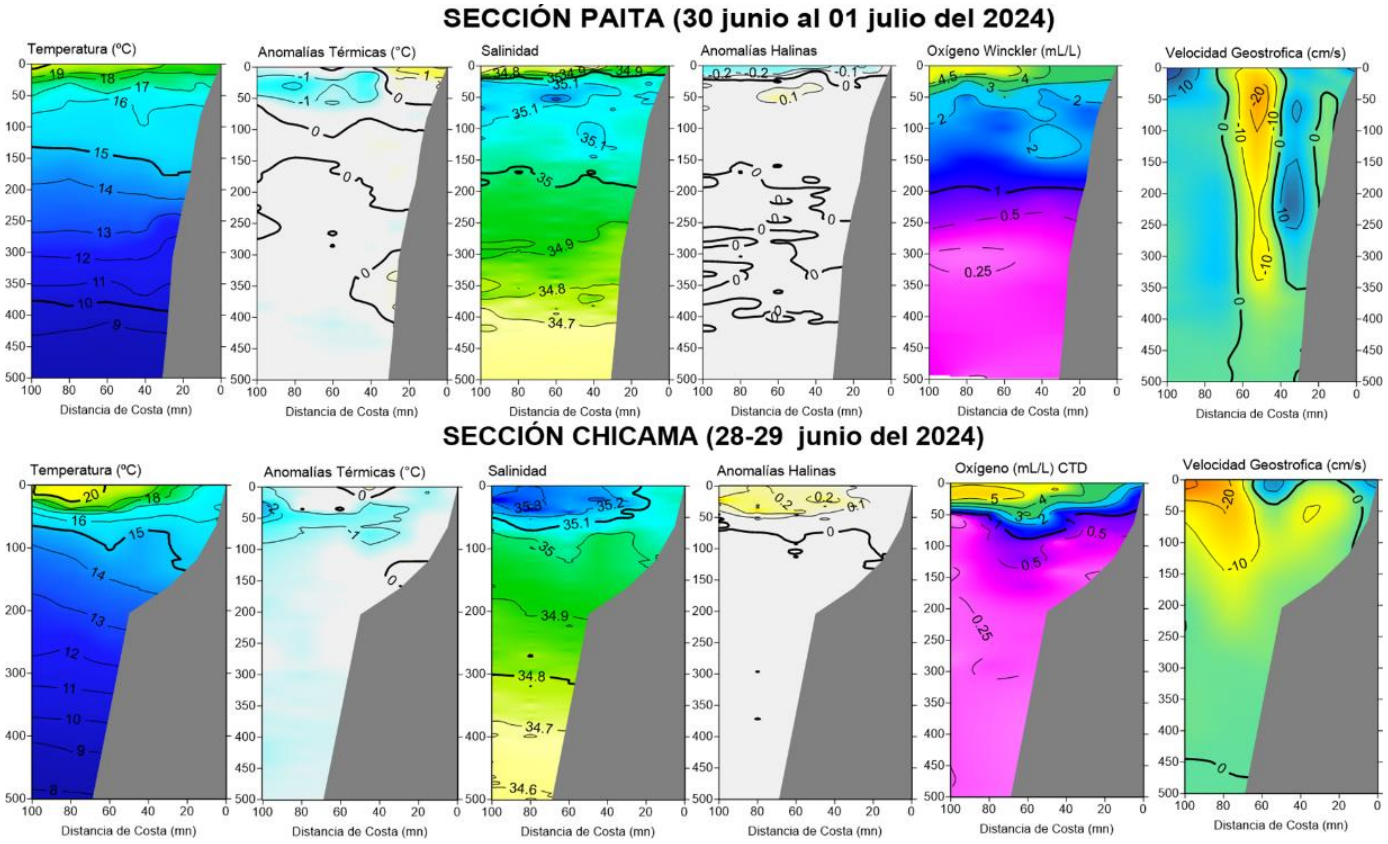


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 30 y 01 de julio de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

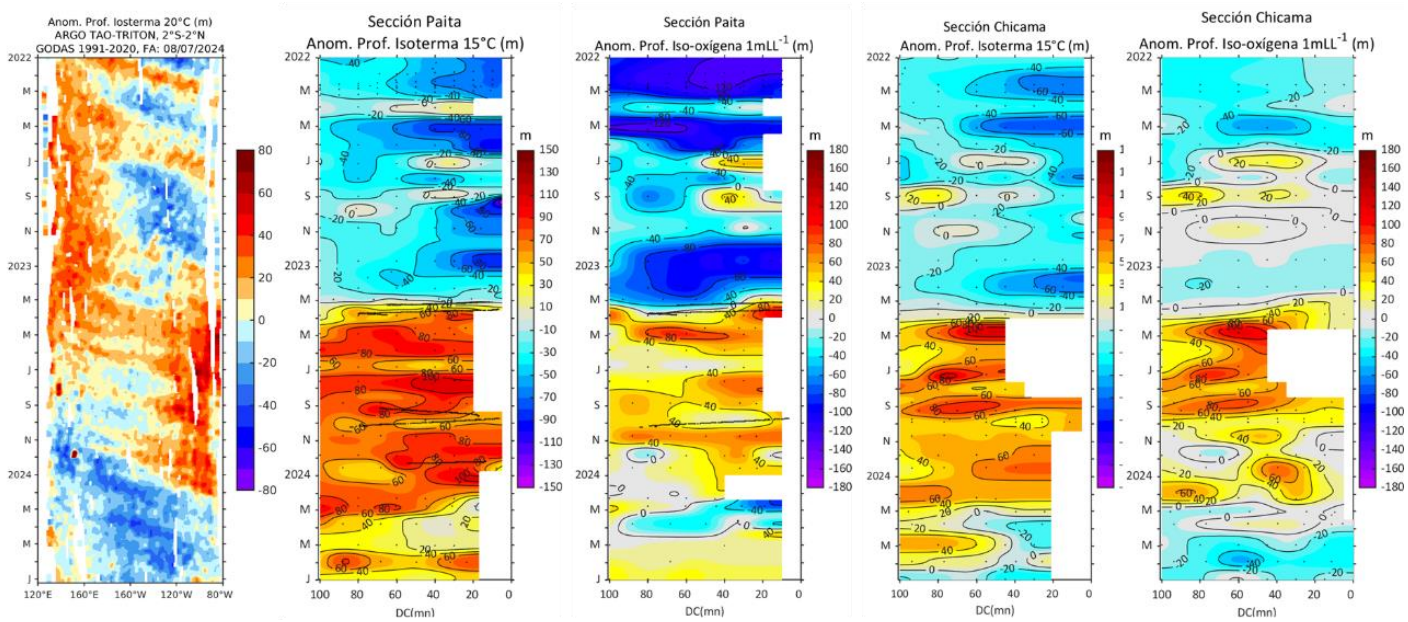


Figura 24. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígena de 1 mL L^{-1}, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base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

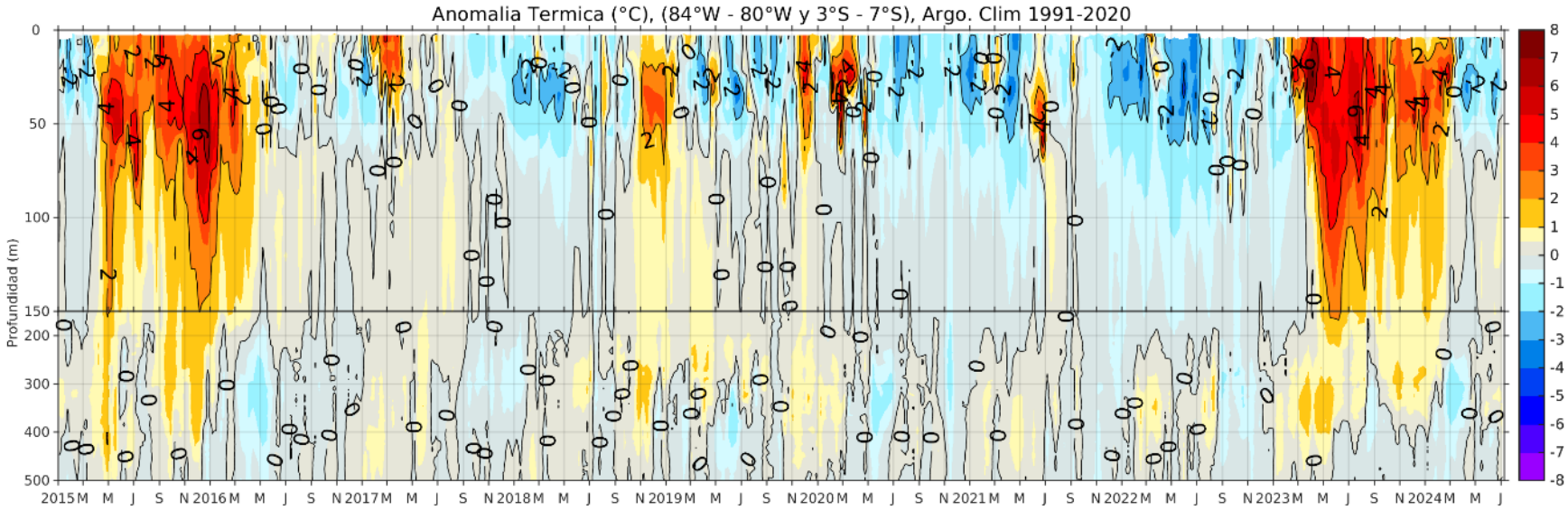


Figura 25. Variabilidad temporal de la anomalía térmica promedio en la misma caja; climatología: 1991 - 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

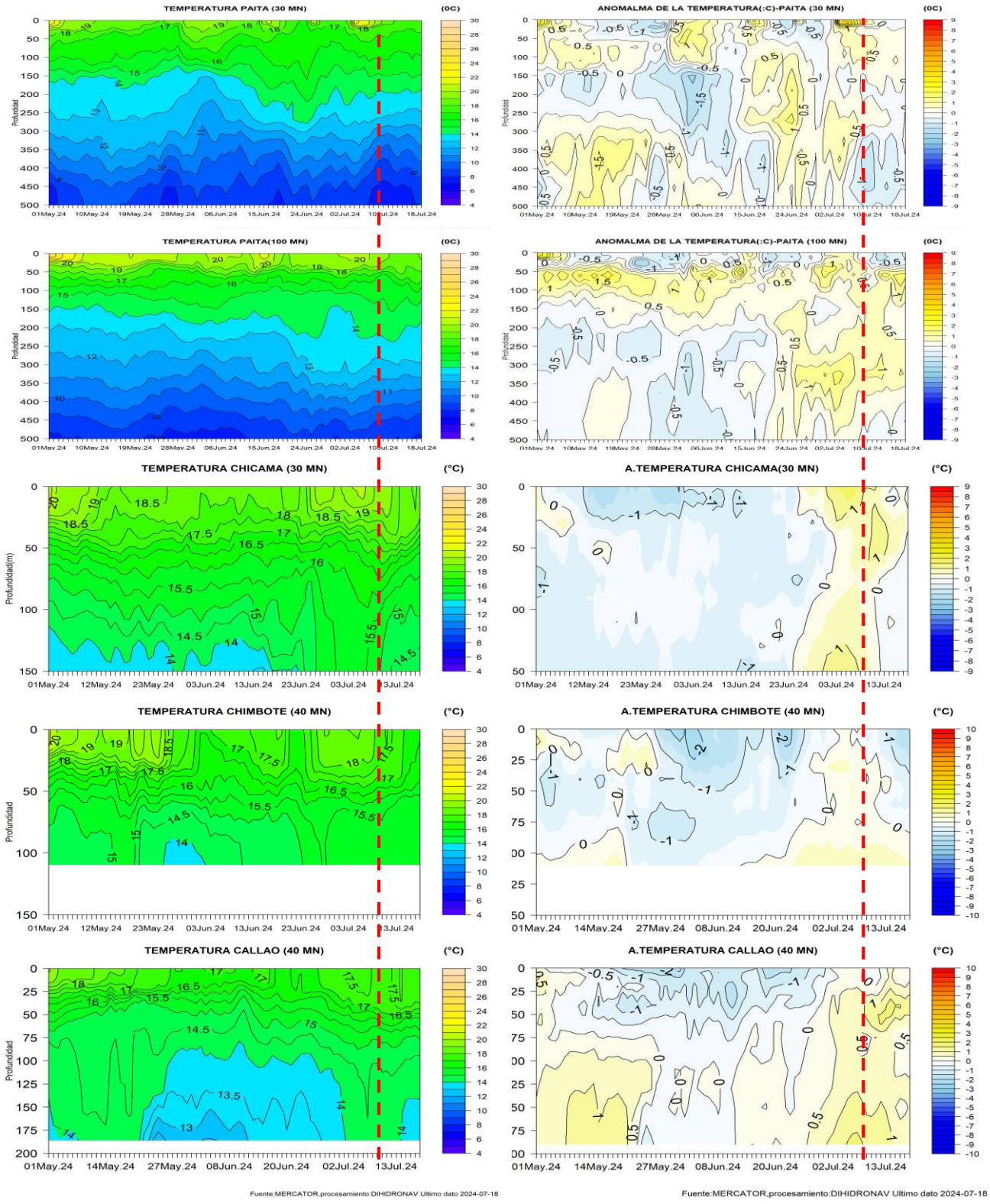


Figura 26. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30 mn), d) Chimbote (40 mn) y e) Callao (40 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

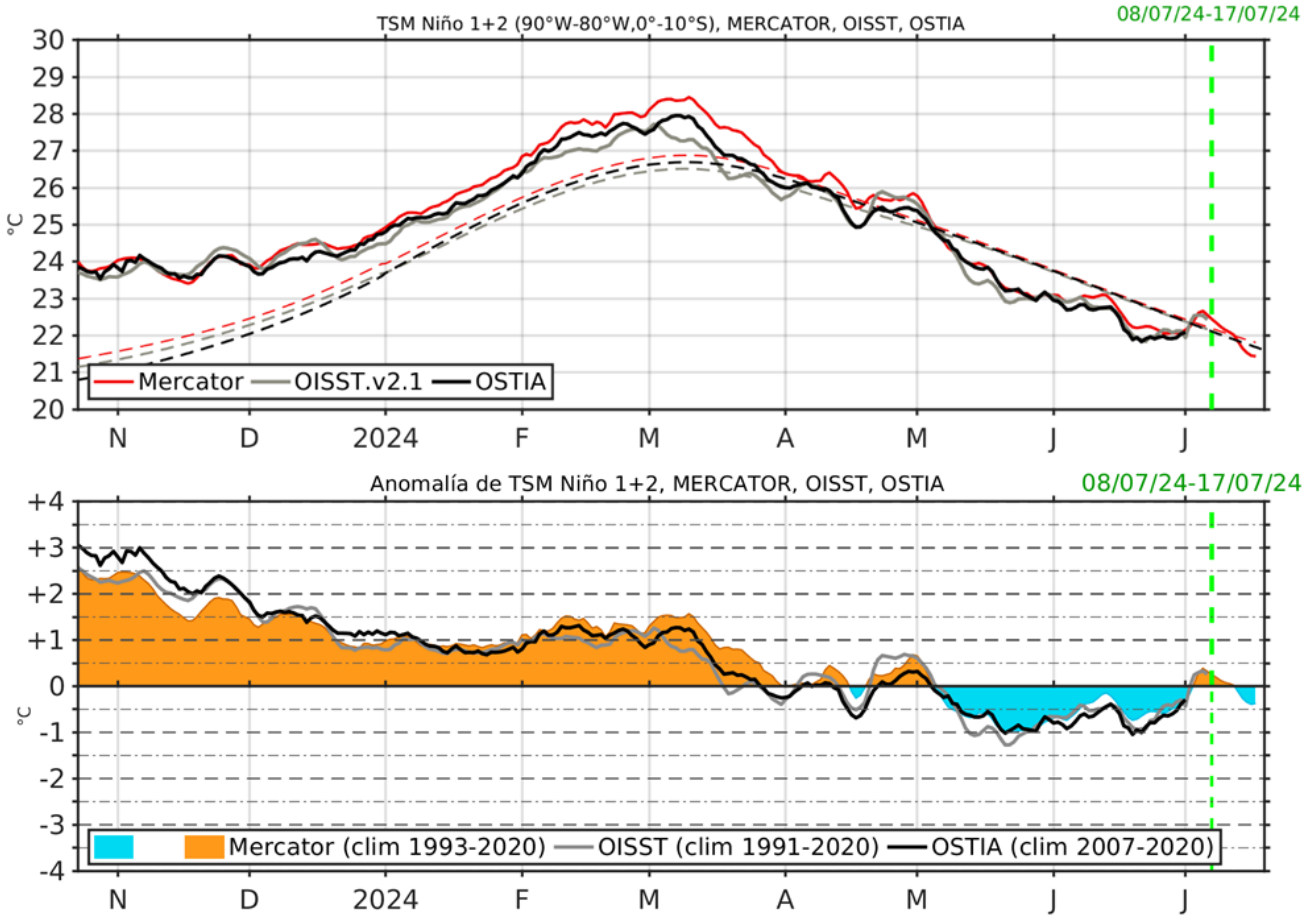


Figura 27. Temperatura superficial del Mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercador (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

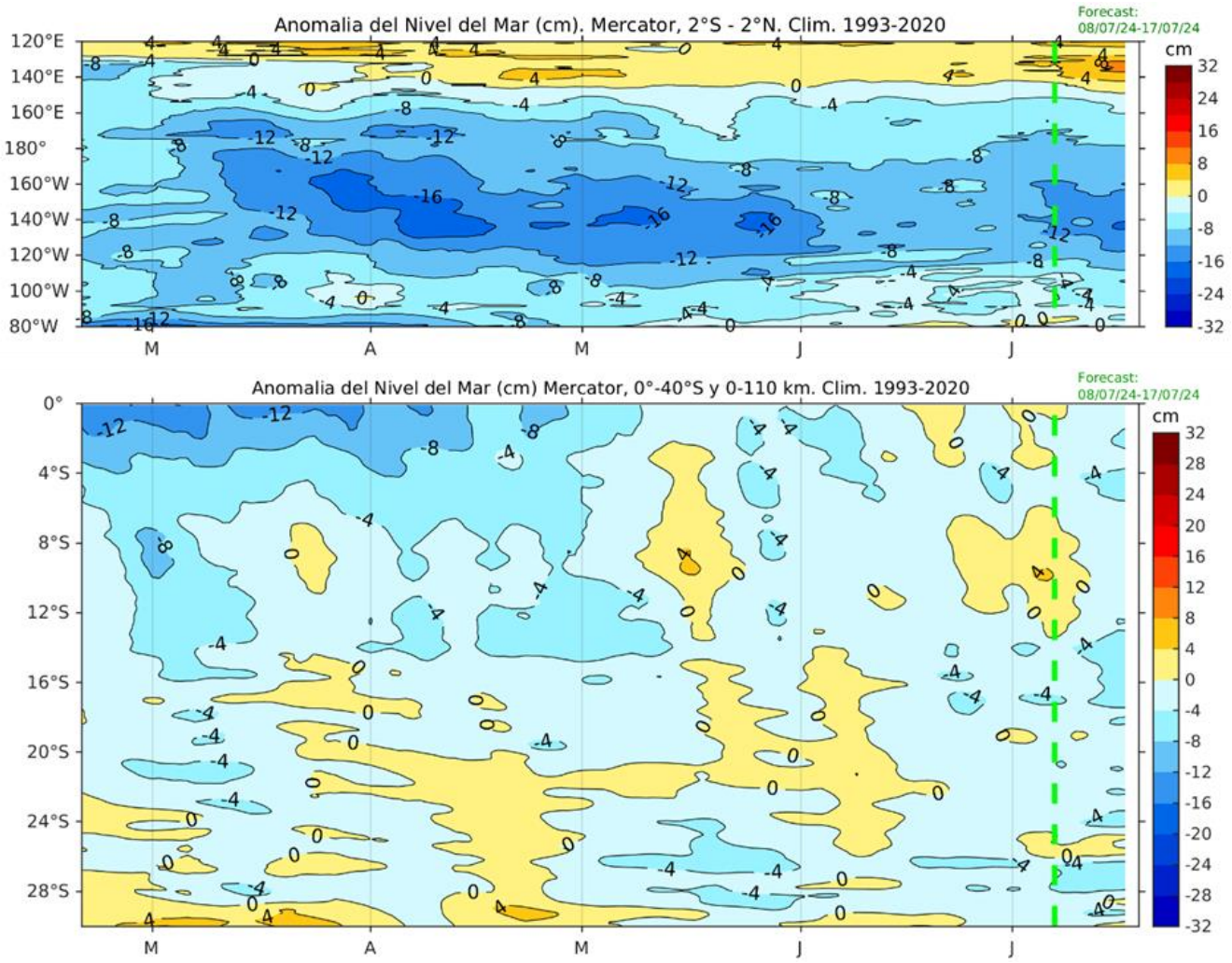


Figura 28. Anomalía de Nivel del Mar en el Pacifico Ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

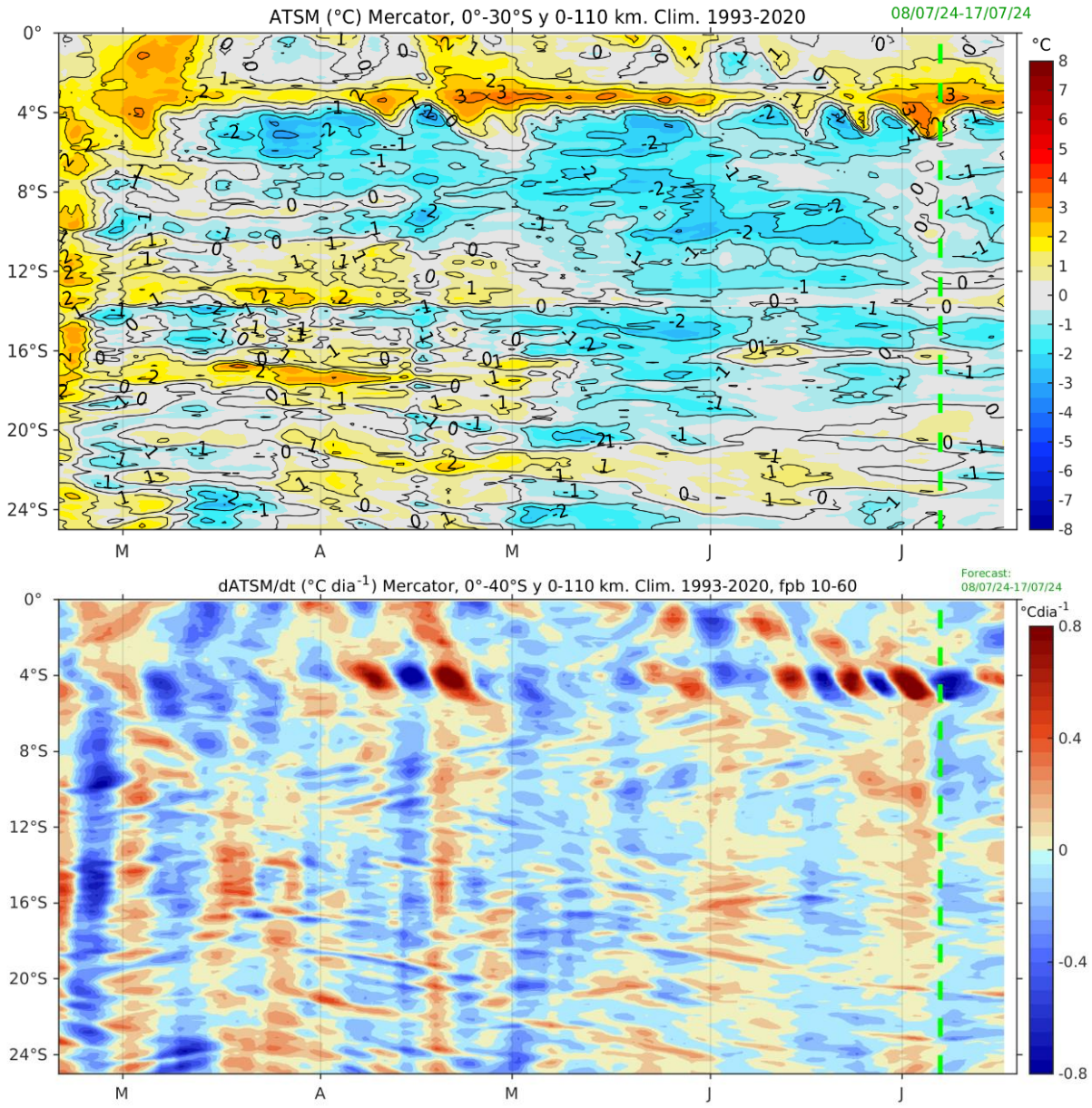
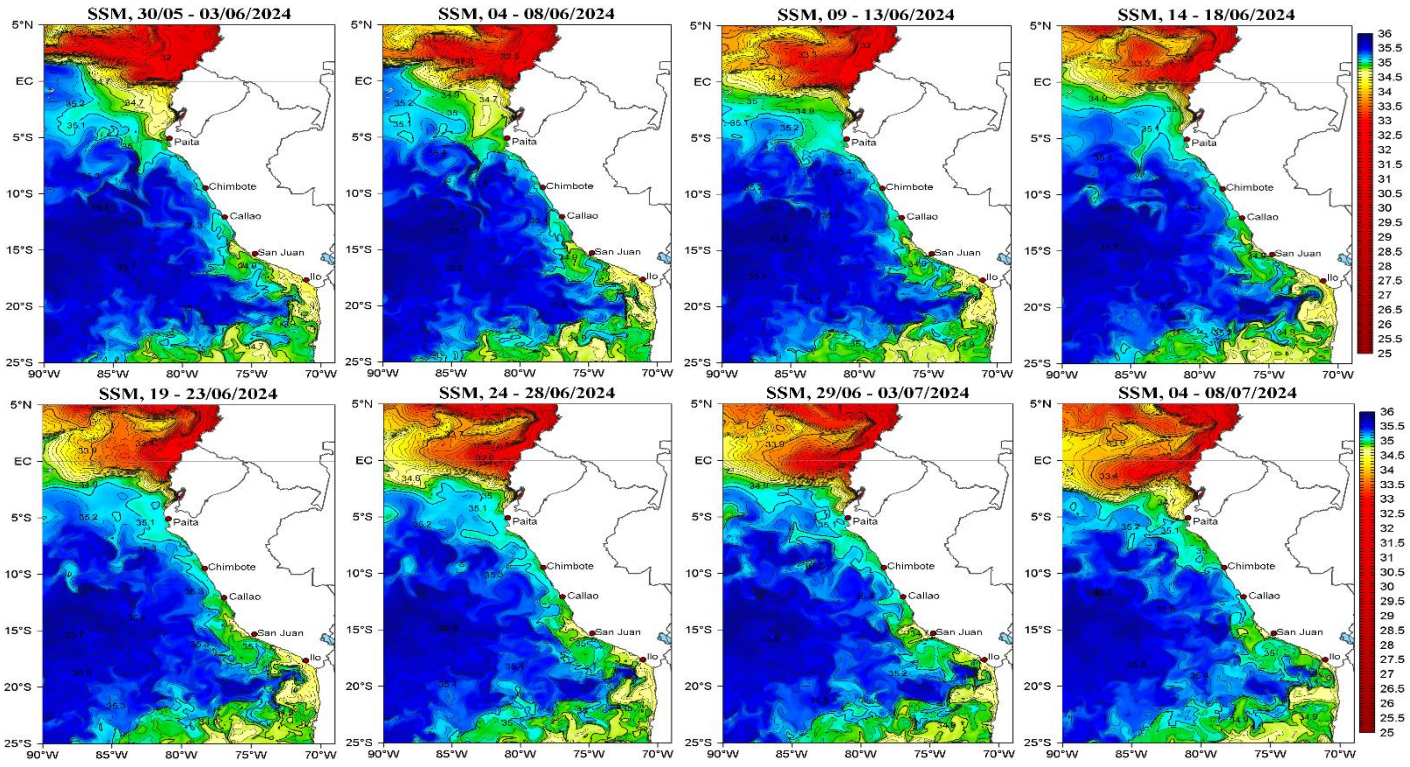


Figura 29. Anomalía de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

a)



b)

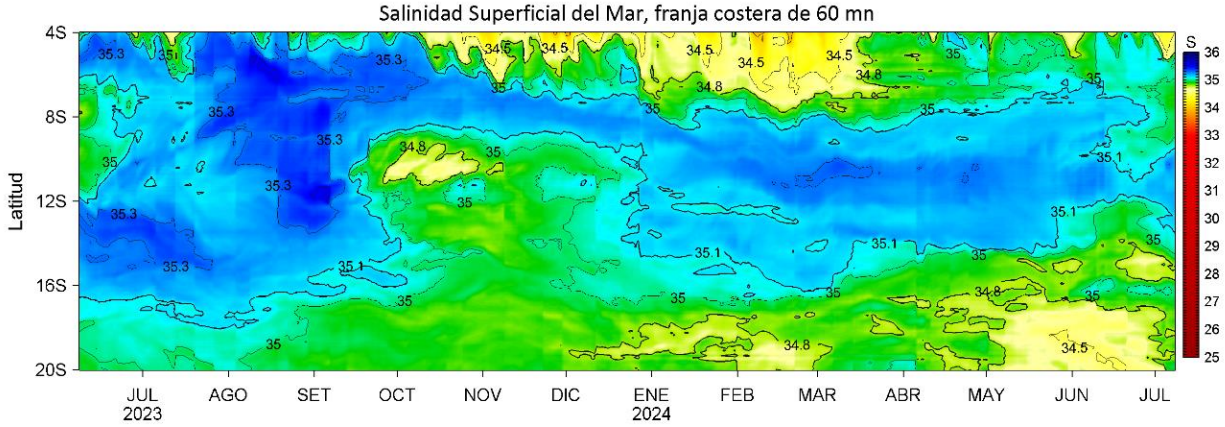


Figura 30. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 30 de mayo y 08 de julio 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 08 de julio 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. 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: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

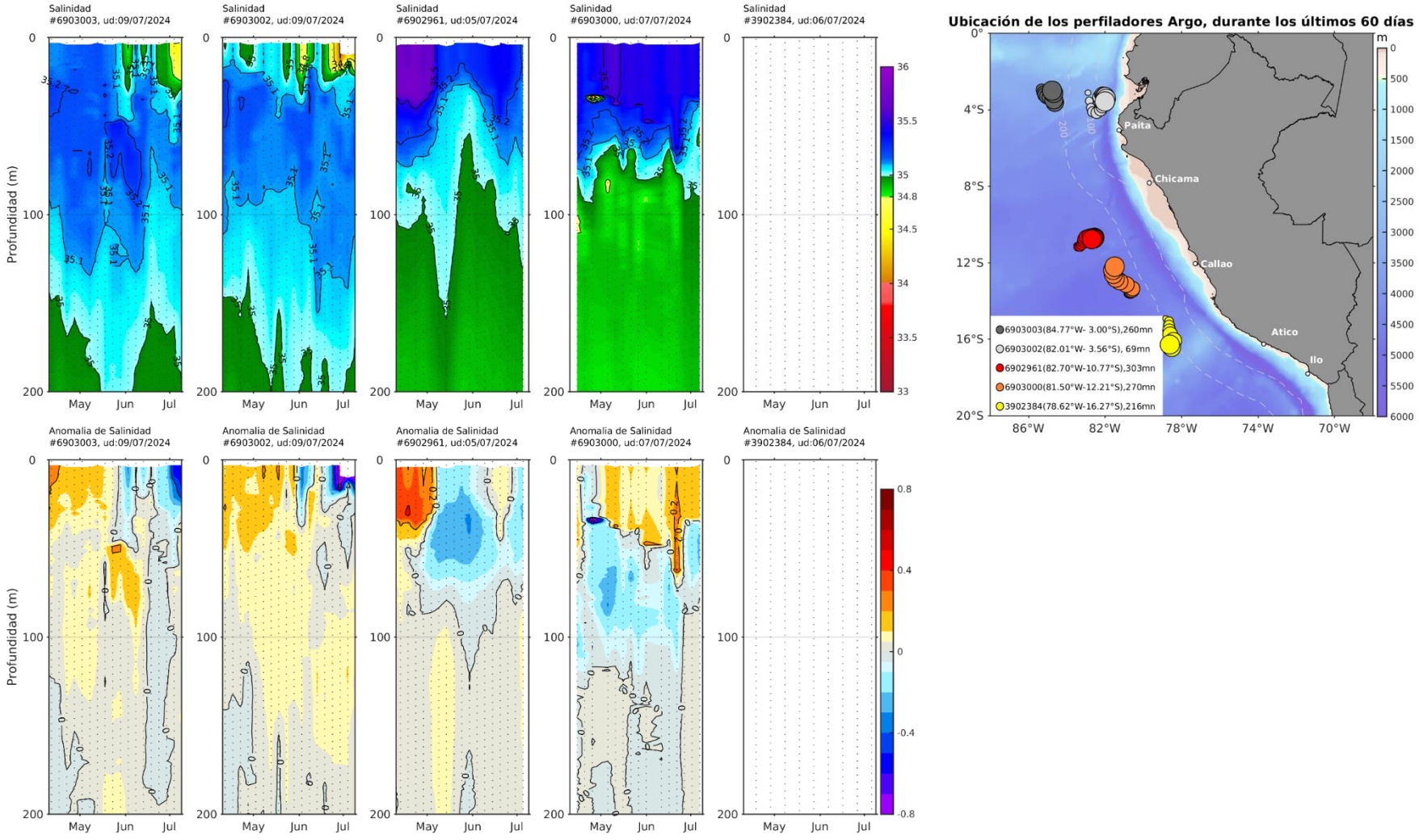


Figura 31. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

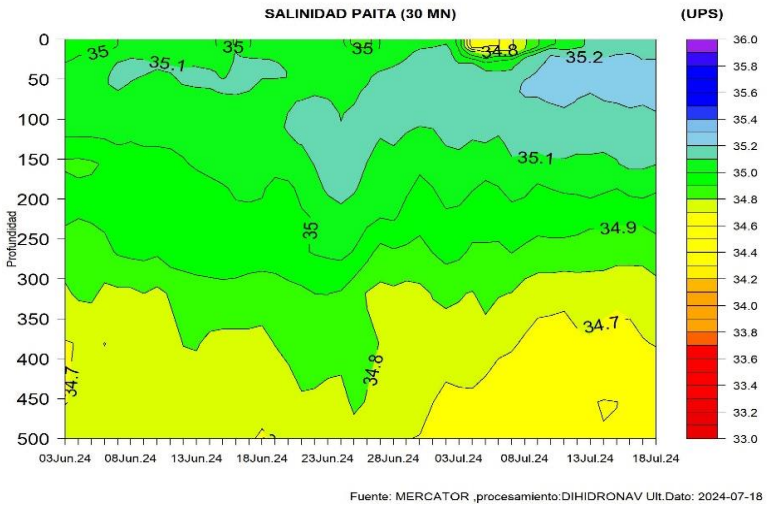


Figura 32. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500m de profundidad frente Paita (30 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

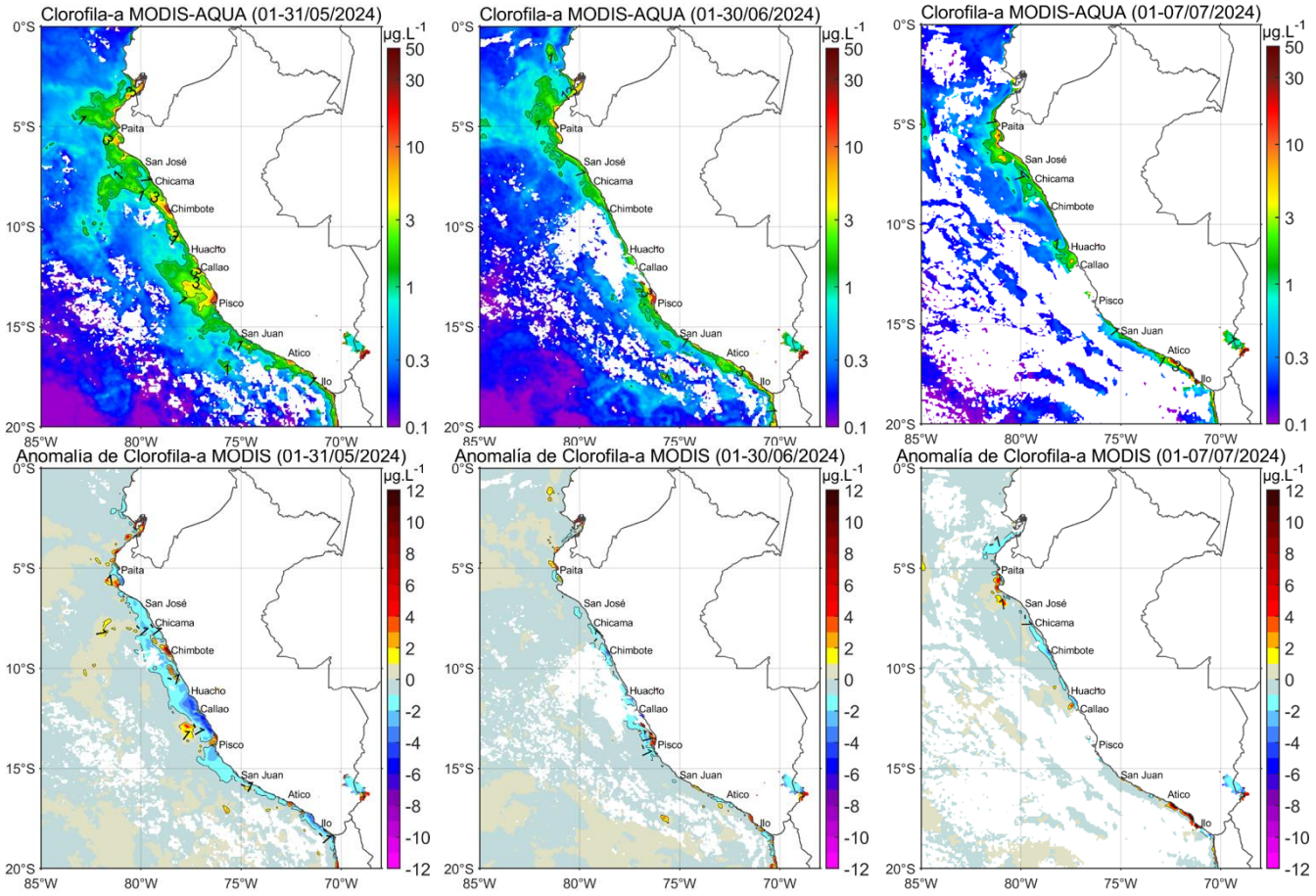


Figura 33. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital (µg L^{-1}, panel superior) y su anomalía (µg L^{-1}, panel inferior), durante mayo, junio y del 1 al 7 julio de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

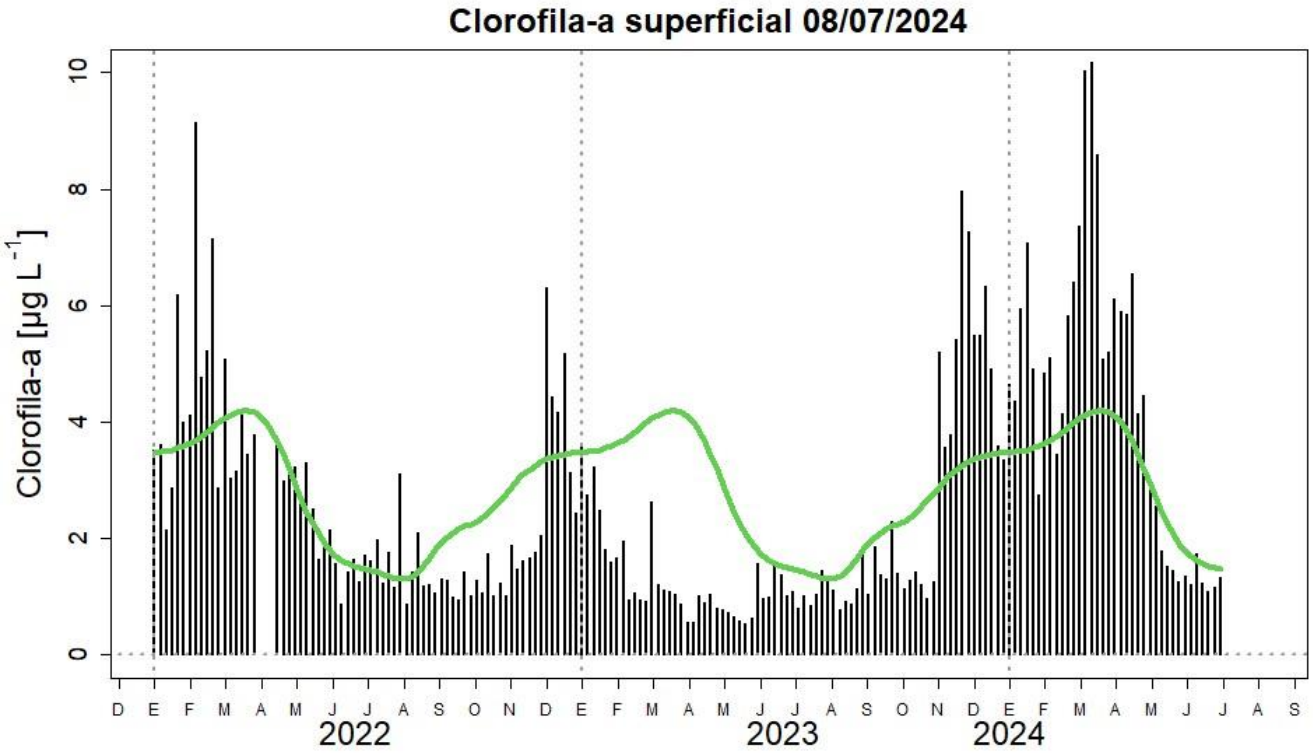


Figura 34. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS (µg L^{-1}) entre 4° S-16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

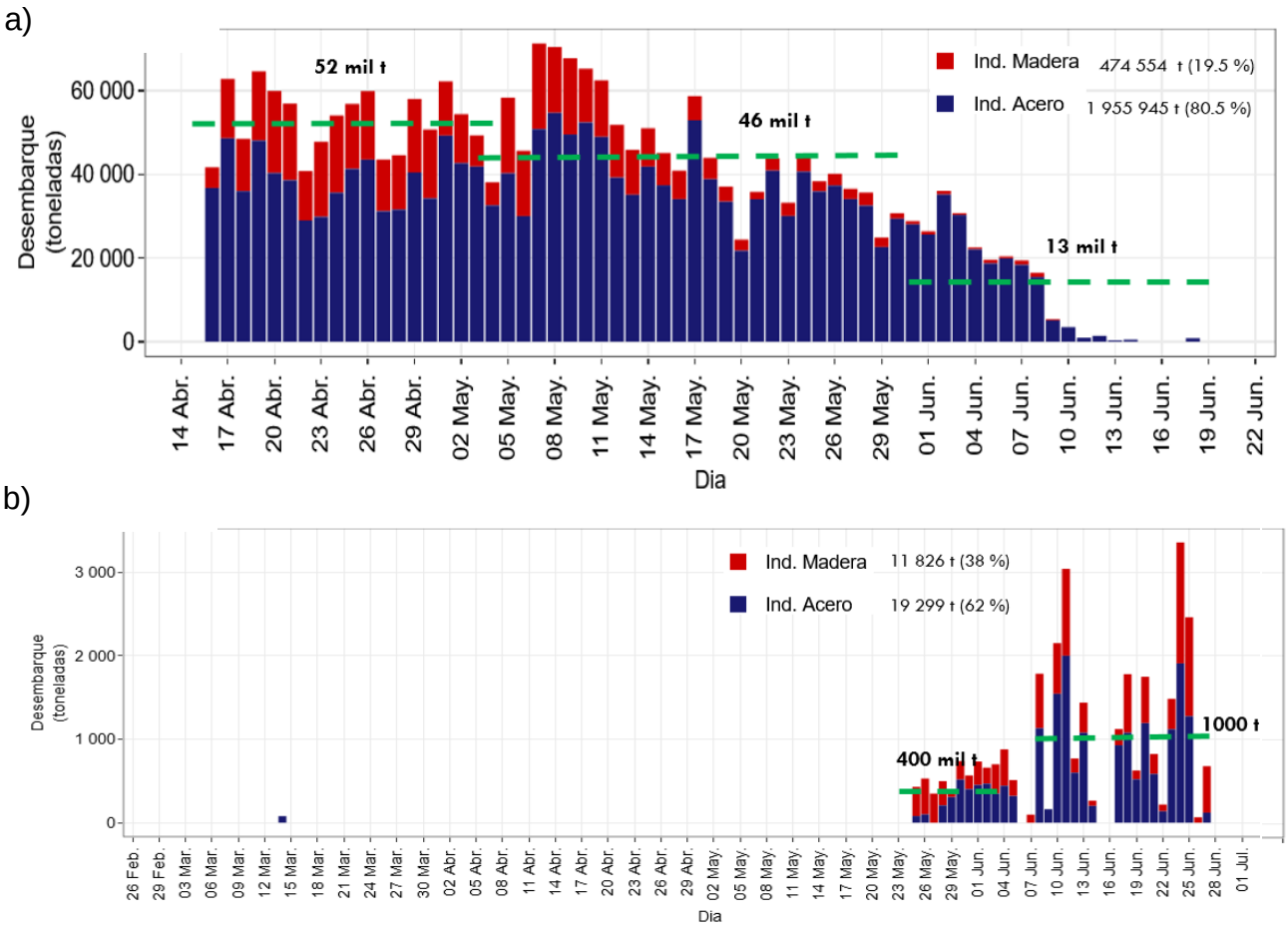
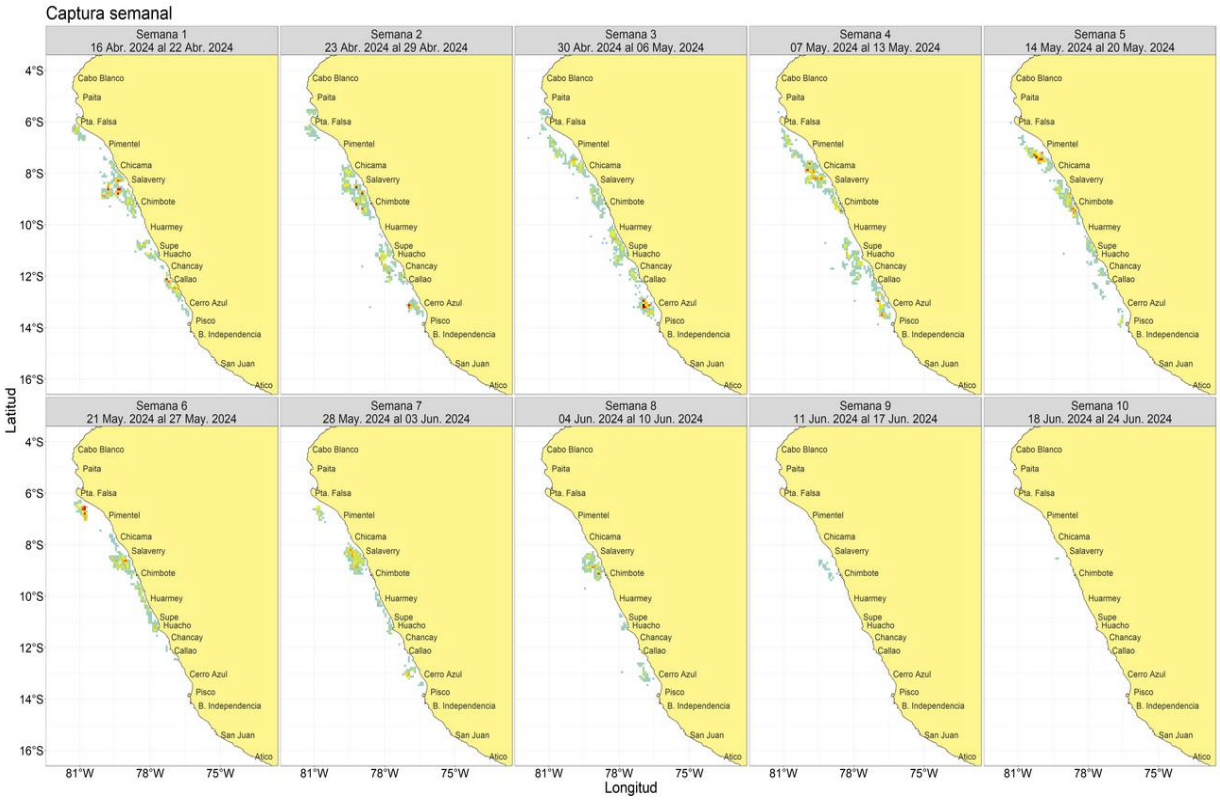


Figura 35. Desembarque diario de anchoveta durante primera temporada de pesca en la región a) norte – centro y b) sur.

a)



b)

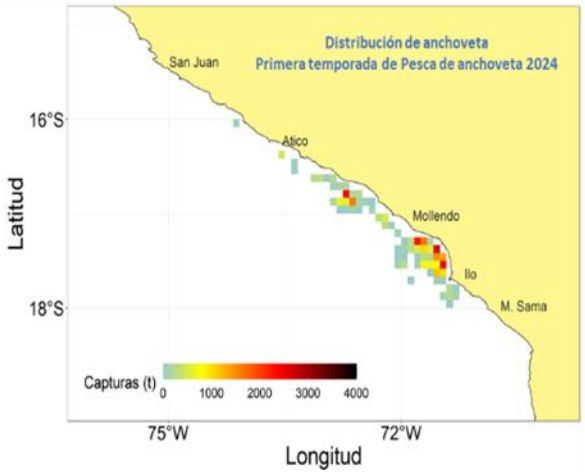


Figura 36. a) Distribución semanal de anchoveta, en a la región norte-centro. Periodo: abril a junio. b) Distribución semanal de anchoveta, en a la región sur. Periodo: junio.

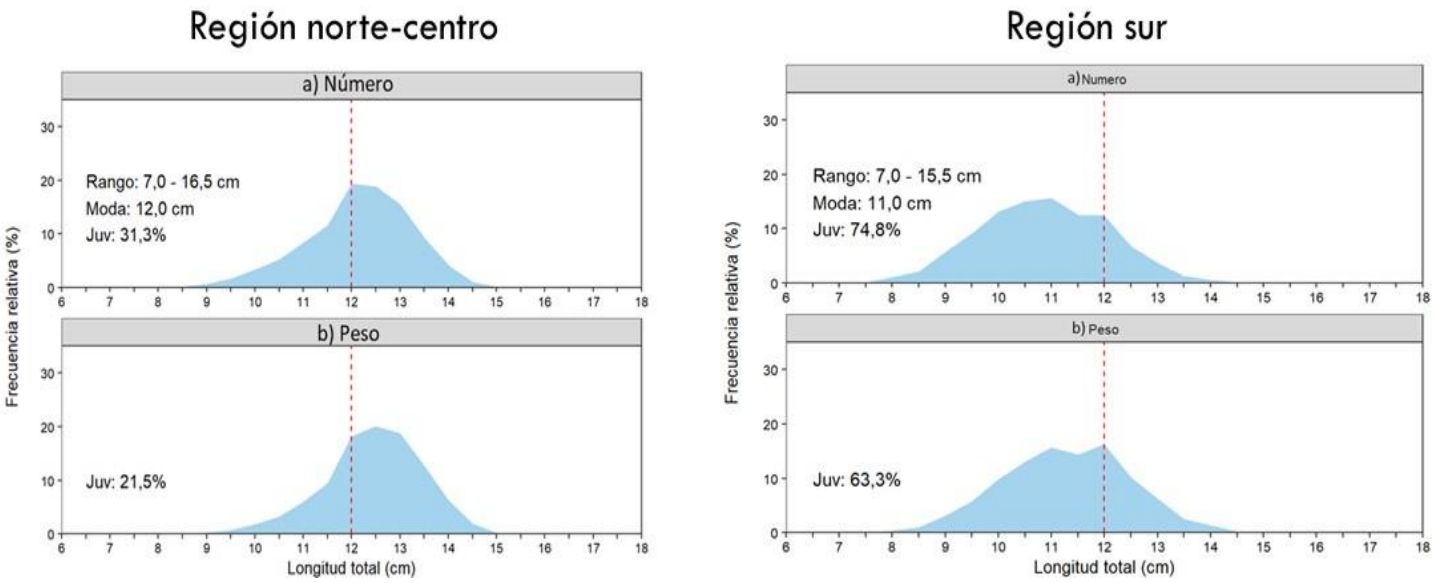


Figura 37. Estructura de tallas de anchoveta según grado latitudinal en a) región norte – centro y b) sur.

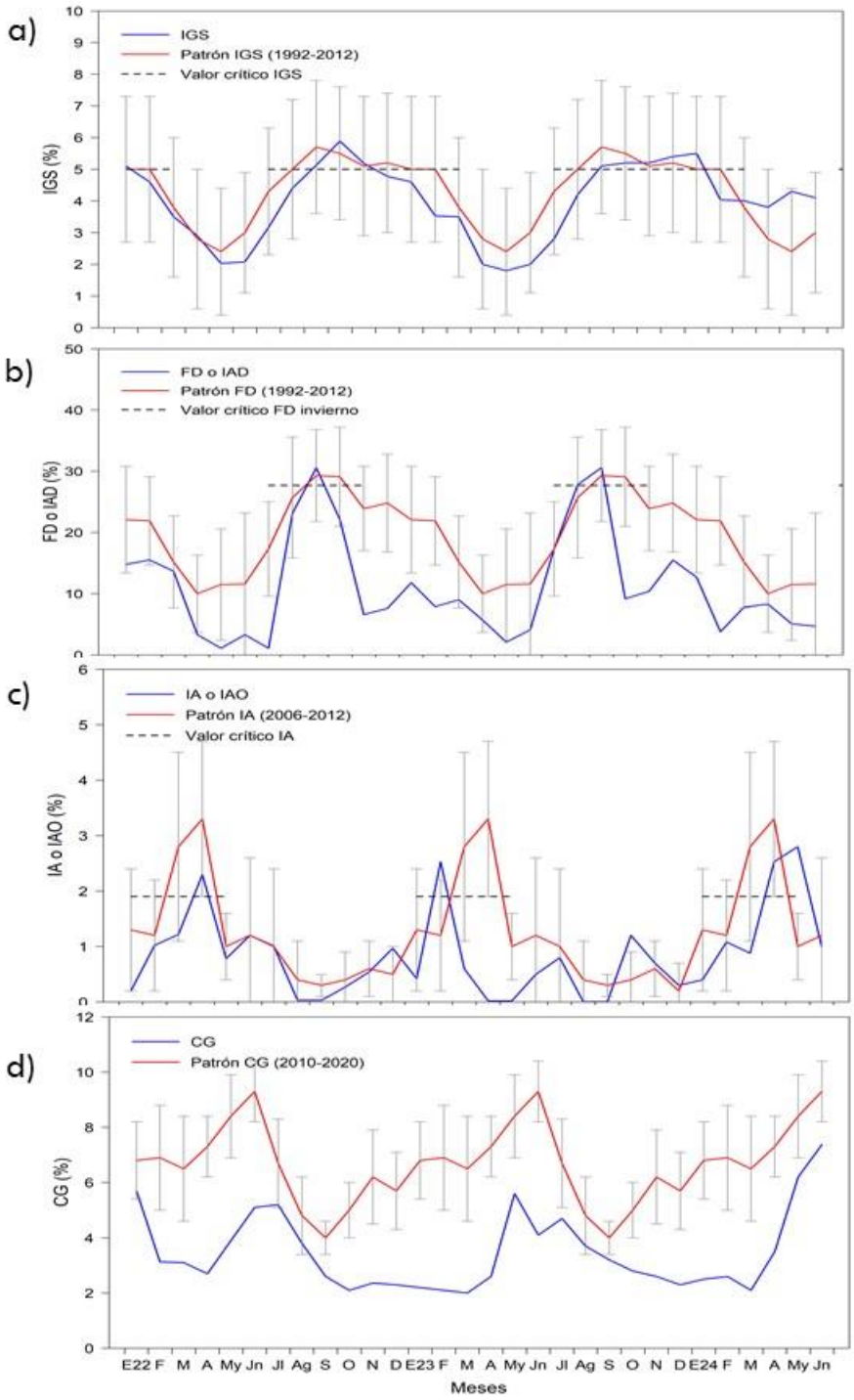


Figura 38. Serie mensual de los indicadores reproductivos de anchoveta a) Índice gonadosomático y b) Fracción desovante, e indicador somático c) Contenido graso.

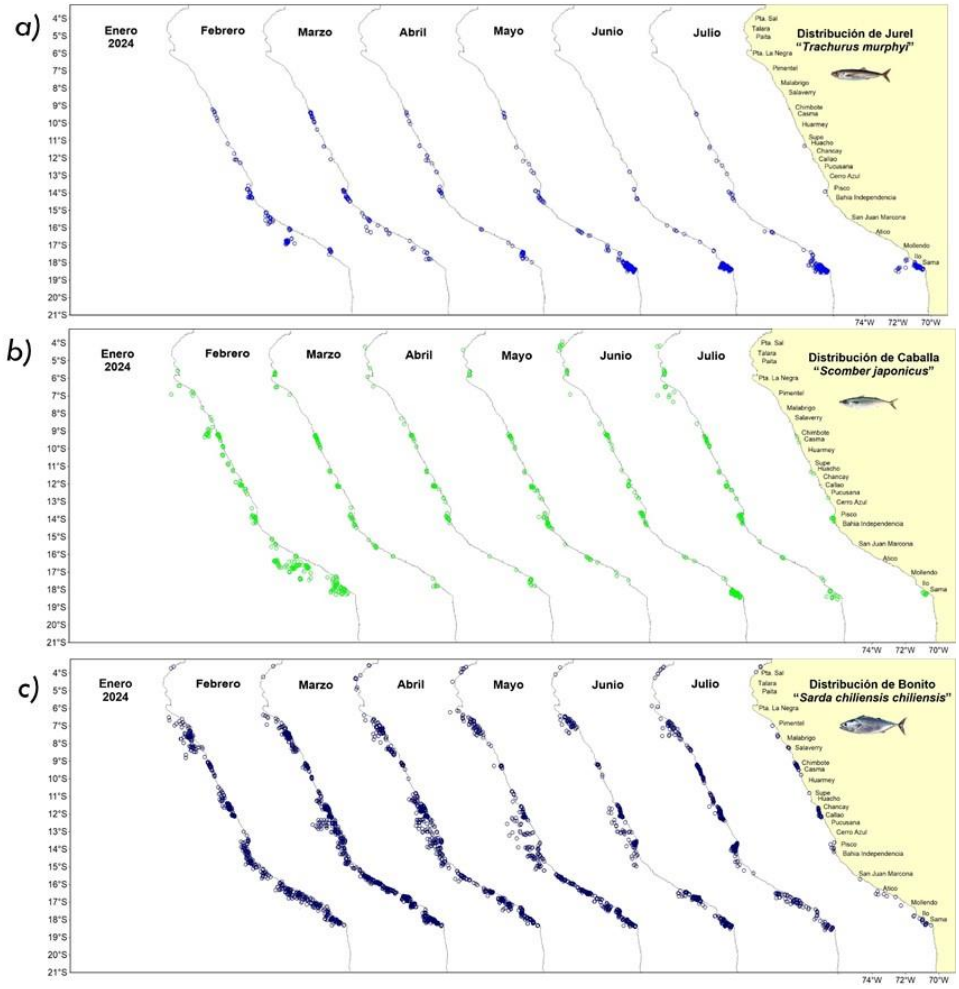


Figura 39. Distribución de a) jurel, b) caballa, c) bonito. Periodo: enero a julio 2024.

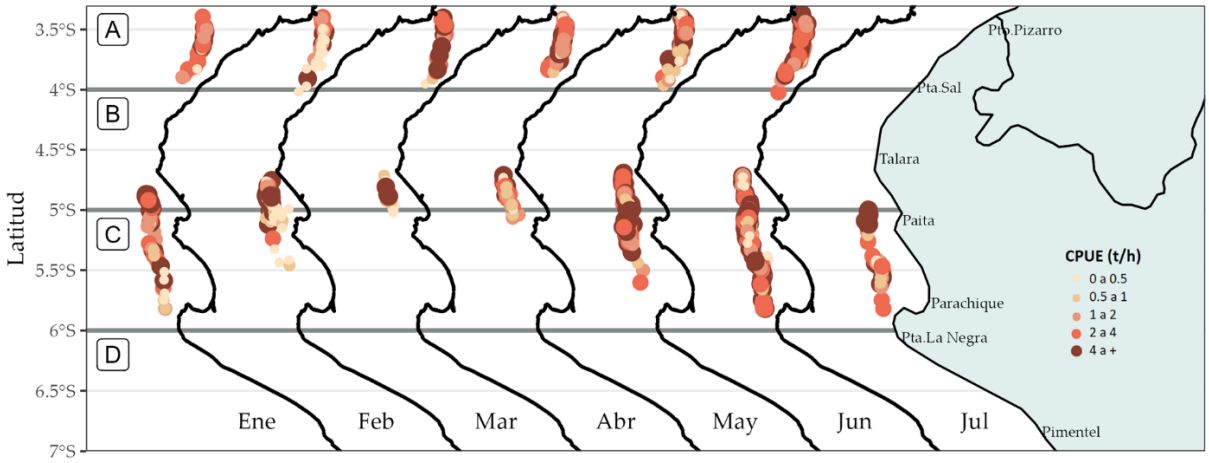


Figura 40. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t h^{-1}) por lance de pesca entre los meses de enero al 07 de julio de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

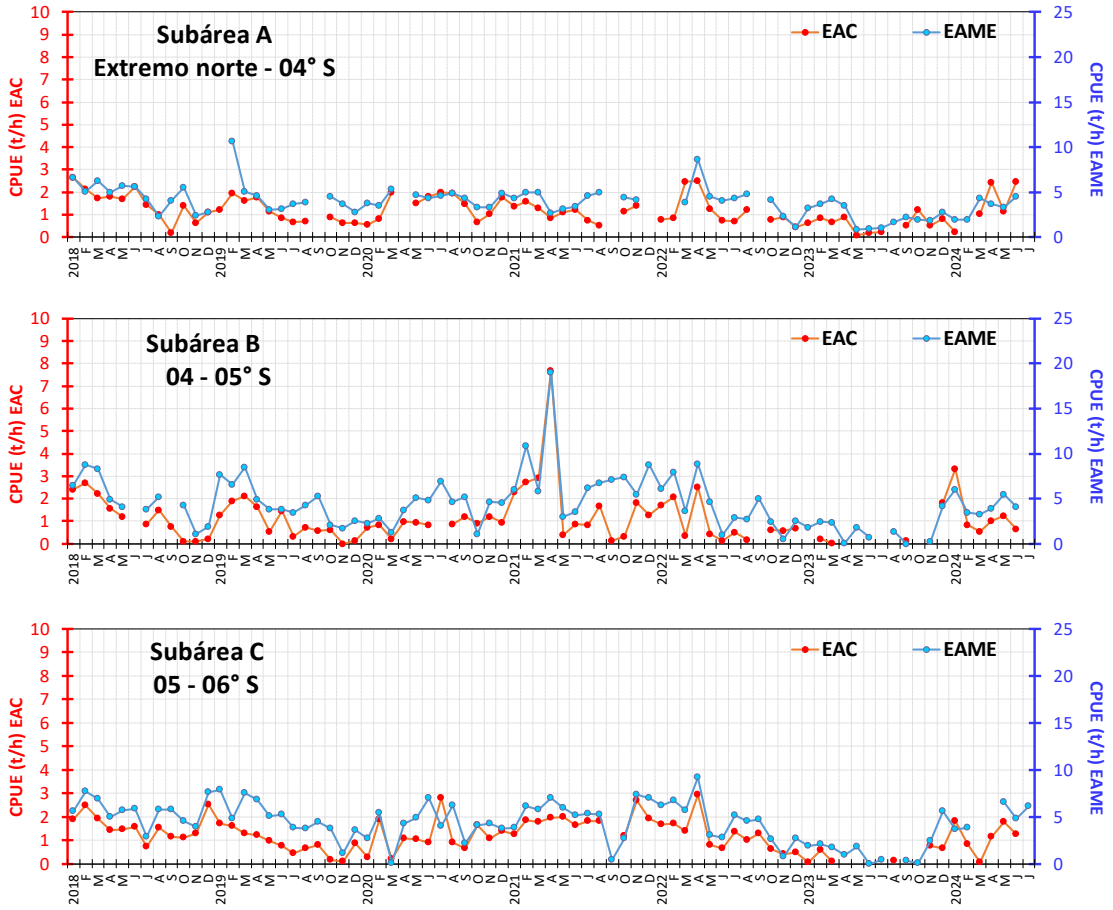


Figura 41. CPUE mensual (t h^{-1}) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

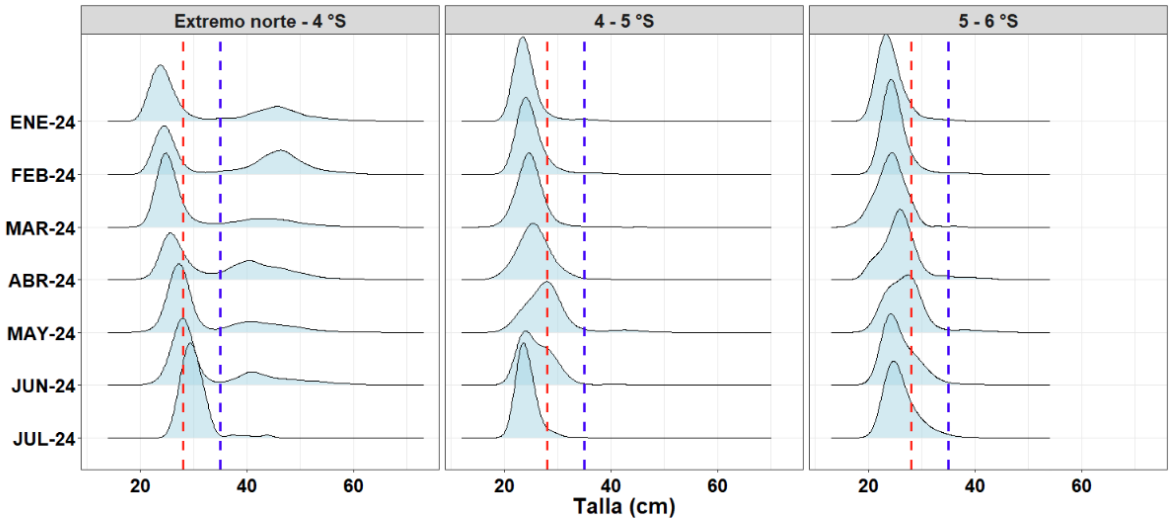


Figura 42. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero al 07 de julio 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

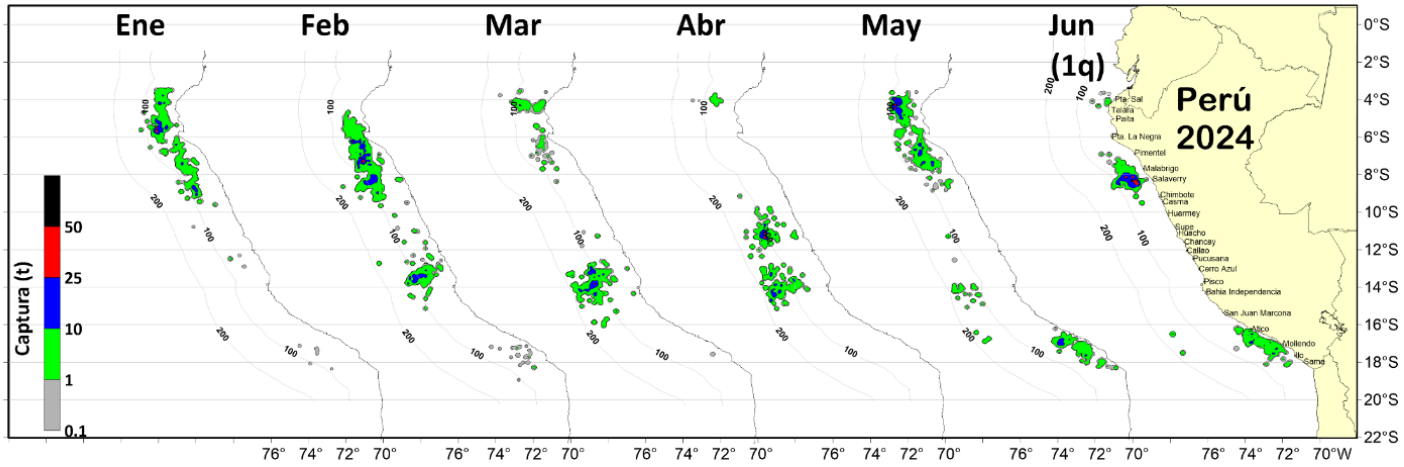


Figura 43. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero – junio (preliminar) 2024. Fuente: IMARPE – ROSPAS – Oficina de Pesca Artesanal. Información preliminar para uso científico.

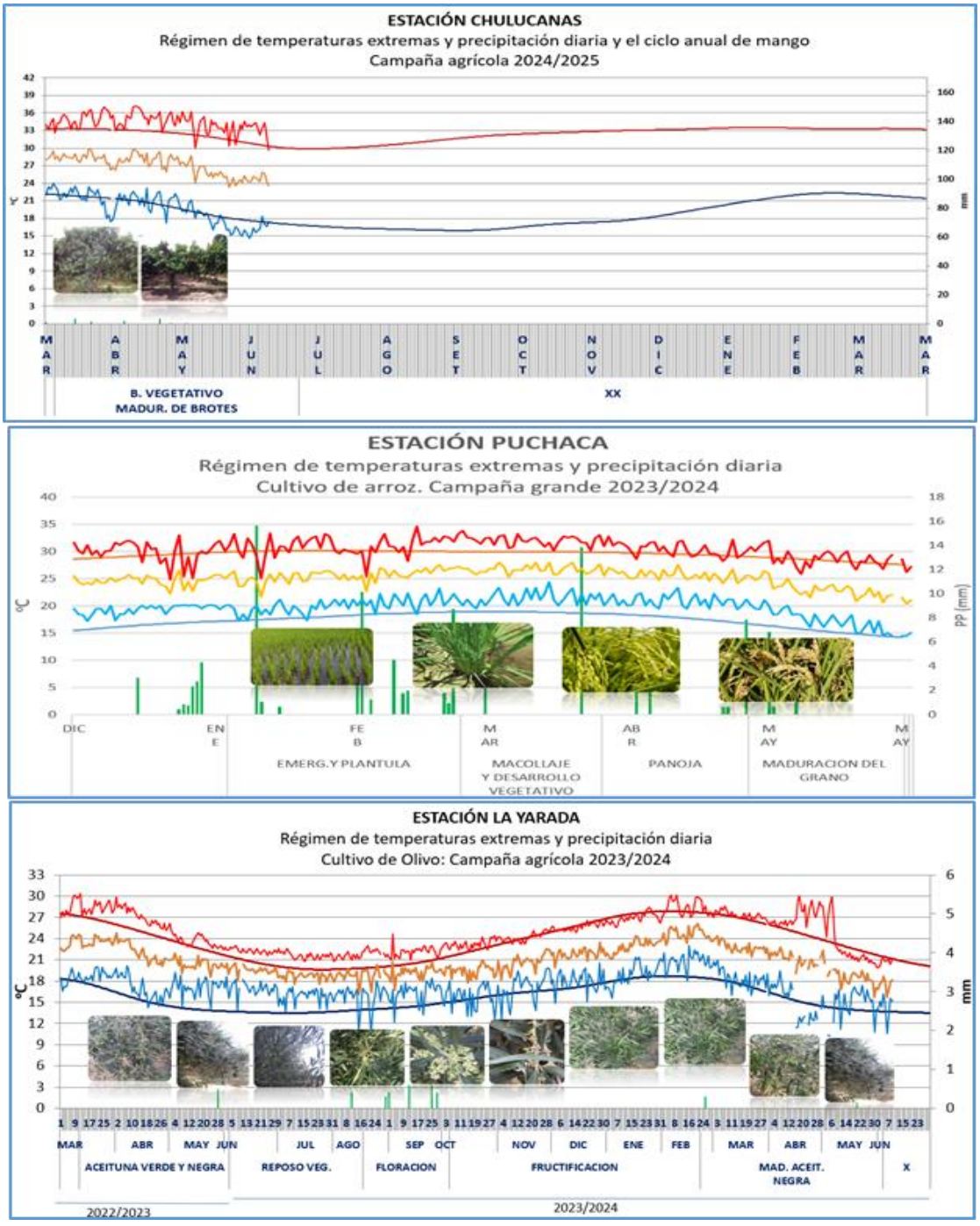


Figura 44. Monitoreo agro meteorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI.

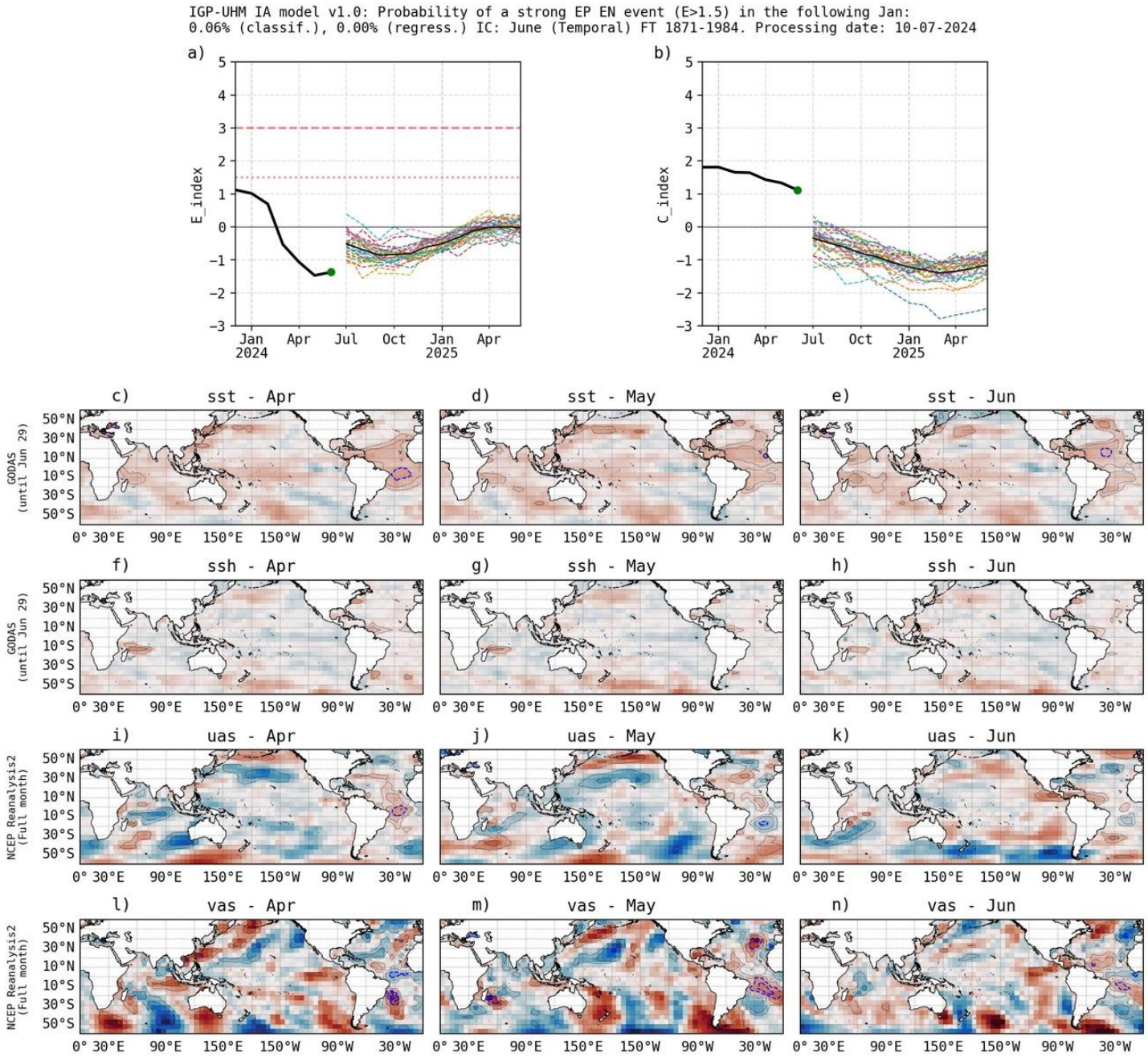


Figura 45. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2023 a abril de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde mayo de 2024 a abril de 2025. (b) Es lo mismo que (a) pero para el índice C (Takahashi et al., 2011). Desde (c) a (n), se muestra la “Explicabilidad” (explainability) de cuatro variables, en anomalías, usadas para el pronóstico: temperatura superficial del mar (primera fila), nivel del mar (segunda fila), viento zonal (tercera fila) y viento meridional (cuarta fila). Estas variables se obtienen de distintos meses: diciembre (primera columna), enero (segunda columna) y febrero (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

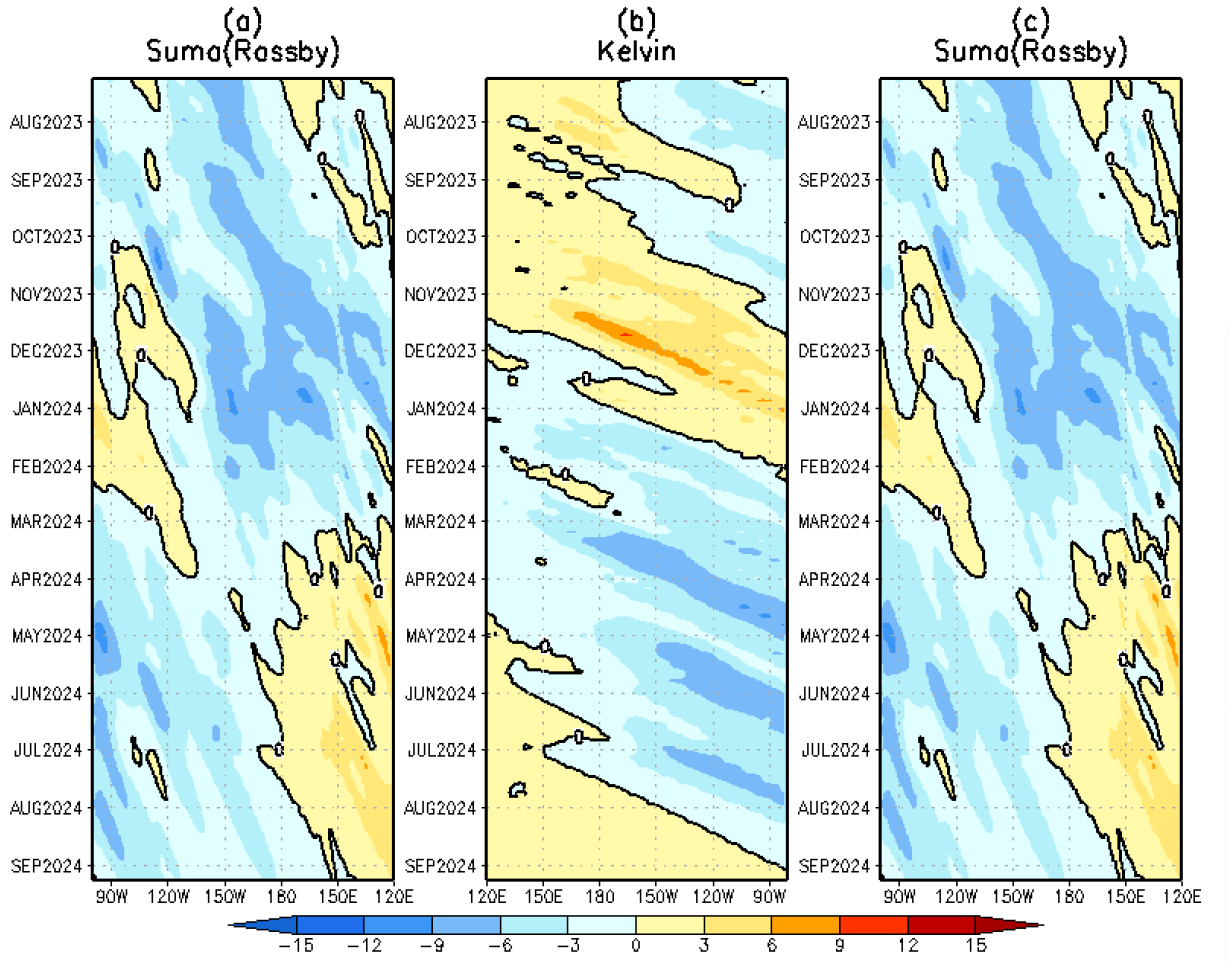


Figura 46. Diagrama longitud-tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOMIGP), forzando por NCEP y termoclina constante
Fuente: IGP.

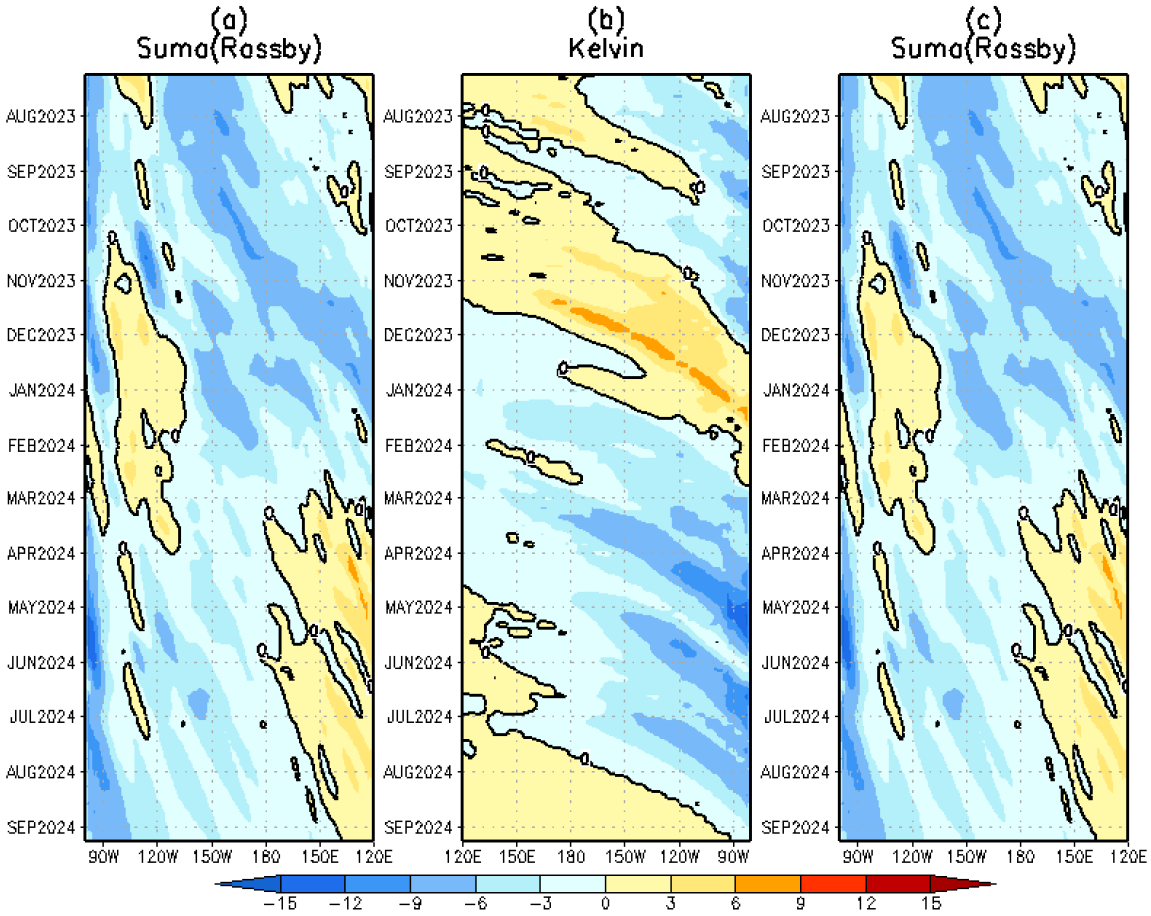


Figura 47. Igual que la Figura 46 pero el modelo es forzado con termoclina variable. Fuente: IGP.

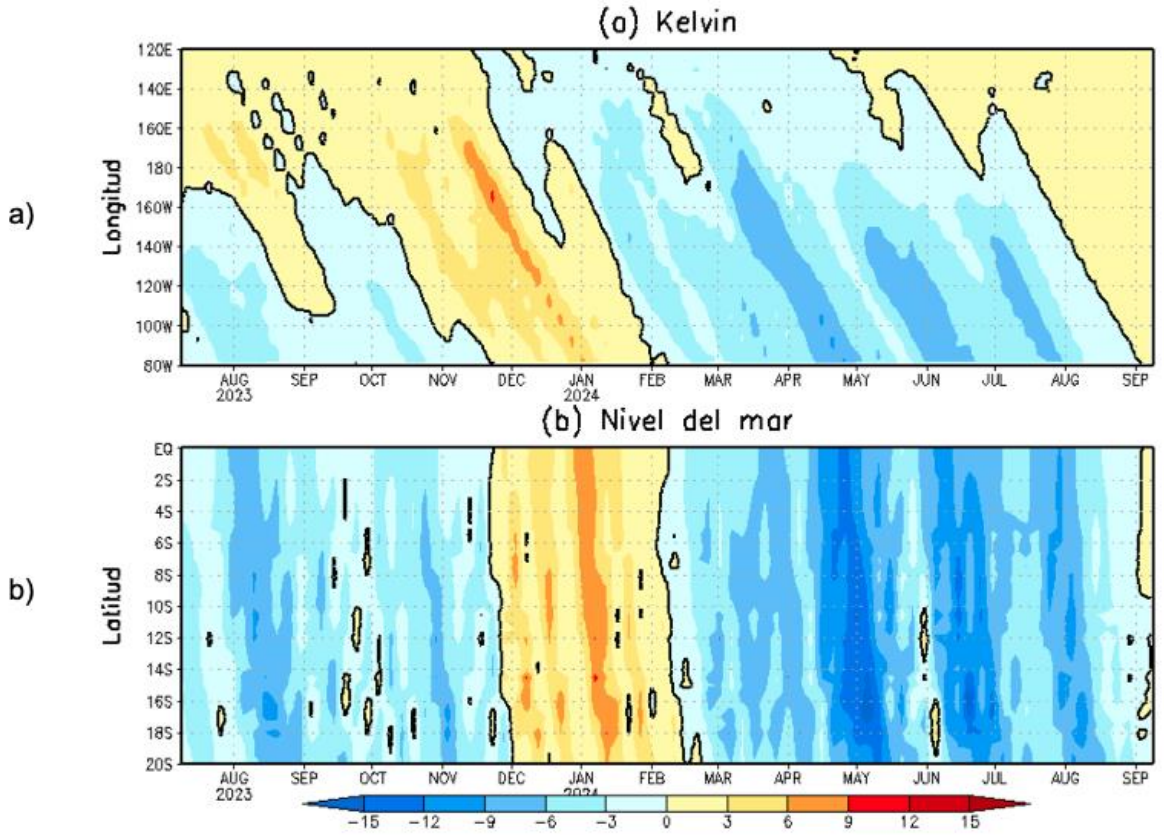


Figura 48. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del reanalysis 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.

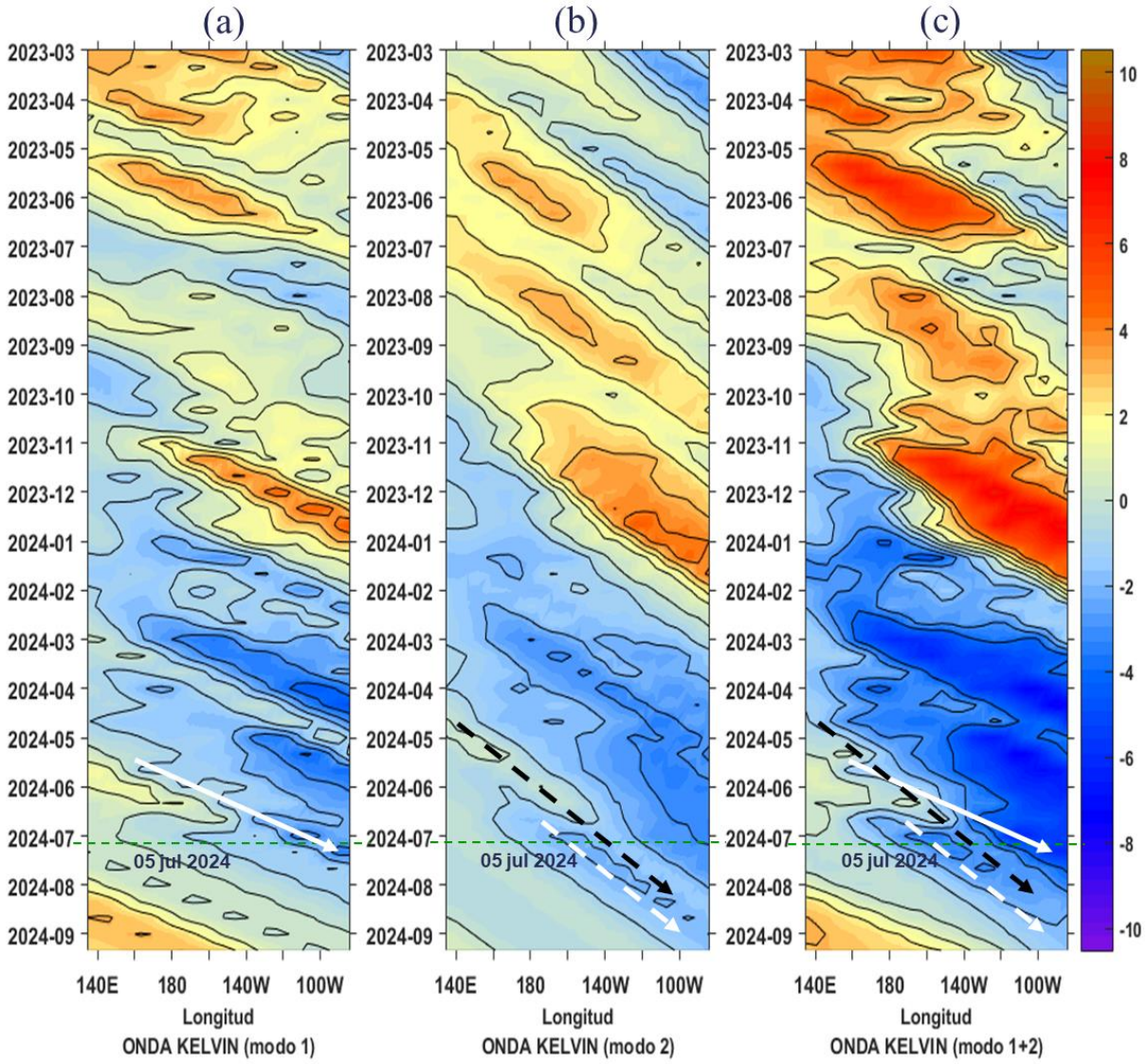


Figura 49. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

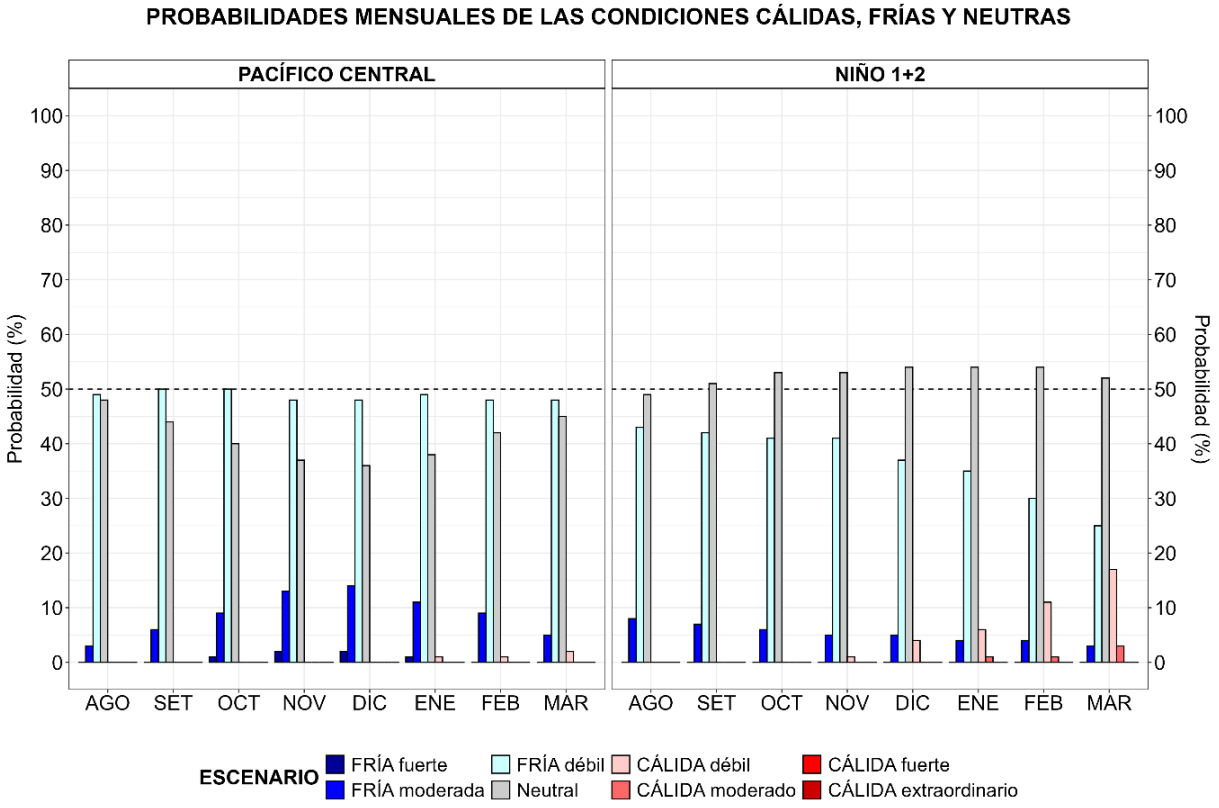


Figura 50. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, frías y neutras en el Pacífico central (región Niño 3.4, barras de la izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, barras de la derecha) de agosto 2024 a marzo 2025, determinadas por 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/10.1175/1520485(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

- 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/s41598-021-00340-4Takahashi et al., 2014*

- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.

- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.

- Quispe, C., Tam, J., Arrellano, C., Chamorro, A., Espinoza, D., Romero, C., & Ramos, J. (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. https://repositorio.IMARPE.gob.pe/handle/20.500.12958/3149

- Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C. Explained predictions of strong eastern Pacific El Niño events using deep learning. Sci Rep 13, 21150 (2023). https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3

- Takahashi, K., Mosquera Vásquez, K. A., & Reupo, J. (2014). *El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización*. https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4639

- Urbina, B., & Mosquera Vásquez, K. A. (2020). *Implementación y validación de un modelo océanico 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*.