

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 15

11 DICIEMBRE 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. José Genaro Musayón Ayala
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General Rolando Gustavo Capucho Cárdenas
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Dimitri Gutiérrez (IMARPE)

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

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

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Renzo Adrianzen, Alfredo Alvarado.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jackie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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

Edición y Producción: Ing. Luis Pizarro Pereyra (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° 15, 11 diciembre de 2024, 84 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: 13 de diciembre de 2024



**Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur
en el Perú al 11 de
diciembre 2024**

Índice

I.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	5
II.	<u>MÉTODOS</u>	5
2.1.	<u>Variables</u>	5
	<u>Temperatura Superficial del Mar (TSM)</u>	6
2.2.	<u>Índices</u>	6
	<u>Índice Costero El Niño (ICEN)</u>	6
	<u>Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)</u>	7
	<u>Índices reproductivos de anchoveta</u>	7
2.3.	<u>Modelos y Pronósticos</u>	8
	Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)	8
	<u>Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia</u>	7
	<u>Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)</u>	9
	Modelo de inteligencia artificial para el pronóstico de El Niño en el Pacífico oriental fuerte (IGP-UHM AI model v1.0)	9
	Modelos Climáticos de Agencias Internacionales	9
	Pronóstico de C3S multi-sistemas	10
	<u>Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto</u>	10
III.	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 11 DE DICIEMBRE DE 2024</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	15
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	17
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	18
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	18
IV.	<u>PERSPECTIVAS</u>	19
V.	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	22
VI.	<u>TABLAS Y FIGURAS</u>	23
VI.	<u>REFERENCIAS</u>	82

I. INTRODUCCIÓN

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

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

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

II. MÉTODOS

2.1 Variables

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

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

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

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

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

2.2 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.

2.3 Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

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

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

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

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

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

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

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

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

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

Modelos Climáticos de Agencias Internacionales

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

Pronóstico de C3S multi-sistemas

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

Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto

El cuadro de probabilidades es el resultado del análisis conjunto de la información generada por las propias observaciones del ENFEN, así como la información basada en los Modelos Climáticos Globales (MCG) e información de diversos centros de investigación y agencias internacionales. Debido a las limitaciones comunes de estos modelos, se acude a la interpretación y el conocimiento experto de los científicos de esta comisión multisectorial, quienes además de evaluar los resultados de los MCG aportan con sus modelos conceptuales y estudios retrospectivos que permiten inferir escenarios de pronóstico, que son discutidos, consensuados y plasmados en probabilidades porcentuales de ocurrencia de distintas categorías de las condiciones oceanográficas (frías a cálidas) en las regiones Niño 3.4¹ y Niño 1+2², 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 11 DE DICIEMBRE DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En noviembre, las anomalías negativas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ampliaron su extensión sobre el Pacífico tropical sur, con mayor incidencia en la franja ecuatorial central-oriental y frente a la costa Sudamericana (Figura 1 y Tabla 1). Como promedio mensual, en noviembre las anomalías de TSM (ERSST v5) se mantuvieron negativas en las regiones Niño 3 (-0,13 °C) y Niño 3.4 (-0,19 °C), mientras que en la región Niño 1+2 cambiaron a positivas (+0,04 °C) (Tabla 1). Para la primera semana de diciembre, las anomalías de TSM, según OISST v2, continúan negativas (-0,3 °C) y positivas (+0,1 °C) en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+ 2, respectivamente (Tabla 2).

Los valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de octubre y del ICEN temporal (ICEN-tmp) de noviembre de 2024 se encuentran dentro del rango de las condiciones neutras. De la misma forma, los valores del ONI de octubre y el ONI temporal (ONItmp) de noviembre también corresponden a condiciones neutras (Tabla 3).

Según la información de altimetría satelital en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de noviembre, se observó el arribo de una onda Kelvin cálida y una onda Kelvin fría en la región del extremo oriental durante los primeros días de noviembre y entre la segunda quincena de noviembre e inicios de diciembre, respectivamente. A lo largo de la franja ecuatorial, se observa una onda de Kelvin cálida (fría) acercándose a la costa americana, la que se localiza en 115° W (160° W), aproximadamente. Por otro lado, se registraron varios pulsos de esfuerzo de viento del este en el Pacífico occidental y central (de 120° E a 120° W) entre la segunda quincena de noviembre y la primera semana de diciembre, los cuales podrían haber generado la onda de Kelvin fría antes mencionada. En relación a las ondas de Rossby, se siguen observando ondas cálidas en los extremos oriental y occidental; mientras que las ondas frías se concentran en la zona central del Pacífico. Según la información de los flotadores ARGO, la profundidad de la termoclina ha mostrado que las ondas de Kelvin frías al acercarse a la costa americana tienden a disminuir su velocidad e intensidad (Figuras 2 a 4).

Entre el 1 y el 9 de diciembre de 2024, se registró un descenso de las anomalías de presión en el Océano Índico y Oceanía, con valores negativos de hasta -4 a -5 hPa, lo que favoreció la convección en la región (90°E – 120°E, Figura 5 der.). Por el contrario, en Sudamérica, continuó predominando la subsidencia en la zona ecuatorial (5°N - 5°S), lo que generó condiciones secas, principalmente en la costa y sierra norte occidental de Perú, donde se observaron anomalías negativas de precipitación de -60 % a -100 % (Figuras 5 y 6 der.).

Respecto a los vientos, en niveles bajos (850 hPa), en el Pacífico central se observaron anomalías de vientos del sureste y del este (150°E - 120°W y 10°N -10°S), lo que puede haber influenciado en una ligera disminución de las anomalías de TSM del Pacífico central en los primeros días de diciembre.

Además, en la costa norte de Chile y sur del Perú se presentaron alisios intensificados asociados al incremento de la presión en el núcleo del APS (1 al 9 de diciembre, Figura 5 y 8 der.). Por otro lado, en niveles altos (200 hPa) se presentaron anomalías de vientos del este, entre 45°W - 80°W y 10°S, favorables a la advección de humedad desde la región del Atlántico, lo que propició superávits de precipitación principalmente en la región central del Perú (Figura 5 y 11 der.).

En promedio, en el transcurso de noviembre, en la circulación a 1000 hPa sobre el Pacífico ecuatorial, se ha observado una predominancia de anomalías de vientos del este (180° - 120° E, aproximadamente de -1 a -4 m s⁻¹), favoreciendo la ocurrencia de anomalías negativas de TSM en el Pacífico central. Posteriormente del 1 al 9 de diciembre, persistieron las anomalías de vientos del este, extendiéndose en una mayor área en el Pacífico central (120°W - 120°E, aproximadamente de -1 a -2 m s⁻¹) y a su vez manteniendo la tendencia hacia el enfriamiento en el Pacífico central. Desde la línea de pronóstico, se prevé que persistan las anomalías de vientos del este, con una mayor intensidad entre los 160°E - 180° en el Pacífico central y occidental, lo que podría influenciar sobre las anomalías de TSM en la región, intensificando el enfriamiento para lo que resta de diciembre (Figura 6 a). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar en noviembre y los primeros días de diciembre, con mayor magnitud y área en las anomalías de vientos del este (Figura 6 b). Además, hasta el 25 de diciembre también se espera un predominio de anomalías del este, principalmente entre 120°E y 120°W (Figura 6 b, 850 hPa).

Respecto a la velocidad potencial en la región ecuatorial (5°N - 5°S), a mediados y fines de noviembre 2024, se propagó la fase convergente en altura (200 hPa) desde el Índico y Oceanía hacia la zona ecuatorial de Sudamérica, favoreciendo la subsidencia y limitando el desarrollo vertical de nubes y las lluvias, lo que se reflejó principalmente en la costa y sierra norte del Perú con anomalías de hasta -60 % a -100 % (Figuras 6 c y 11 izq.). En los primeros días de diciembre (1 al 9 diciembre), persistió la fase convergente en altura (200 hPa), lo que no favoreció acumulados importantes de lluvias en la región noroccidental de Perú (Figura 6 c y 11 der.). Hasta el 25 de diciembre se esperan anomalías de velocidad potencial convergentes, lo que propiciaría la persistencia de déficits de lluvias en la región noroccidental del Perú (Figura 6 c).

Para el trimestre SON 2024, el núcleo del APS se encontró en promedio dentro del rango normal y con un desplazamiento ligeramente al oeste con respecto al trimestre ASO. En noviembre, el núcleo del APS se ubicó en promedio en los 110°W y 30°S, desplazado más al oeste de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1025,1 hPa y una anomalía de +1,0 hPa (Figura 7). Durante noviembre, el APS presentó una configuración zonal, cercana a su posición climática habitual, con anomalías de +1 hPa en su núcleo y -1 hPa en la periferia (Figura 8). A lo largo del mes se observaron episodios donde el APS se alejó de la costa (14 al 20 de noviembre, 160°W - 40°S), para luego migrar hacia el noreste más cercano a costa (28 noviembre al 4 de diciembre, 100°W - 35°S, Figura 9).

Estas configuraciones generaron una variabilidad en la magnitud de los vientos alisios del sudeste para los cuales, del 11 al 25 de noviembre, se observó un debilitamiento (producto del alejamiento del APS) con una predominancia de anomalías de vientos del norte y del oeste a lo largo de la costa peruana. Del 26 de noviembre al 5 de diciembre, debido al posterior acercamiento del APS, se incrementó significativamente la magnitud de los vientos alisios del sudeste reflejados en las anomalías de vientos a 1000 hPa (Figuras 9 y 10). Posteriormente, del 5 al 11 de diciembre, en promedio, el mayor núcleo del APS se presentó intensificado y relegado hacia el oeste, aproximadamente entre 40°S - 130°W; sin embargo, su ubicación fue similar a la climatología, por lo que los vientos del sudeste tuvieron magnitudes entre normales a mayores a lo normal en la costa peruana (Figuras 9 y 10).

Esta misma variabilidad se registró en los vientos sobre la superficie, que variaron de moderados ($4,1 - 6,8 \text{ m s}^{-1}$) a fuertes ($> 6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de velocidad del viento (VV) que fluctuaron del rango negativo ($< -1,0 \text{ m s}^{-1}$) a positivo ($> +1,0 \text{ m s}^{-1}$). Asimismo, en los primeros diez días de diciembre se registraron vientos moderados a fuertes, generando anomalías en el rango neutro y positivo frente a la costa norte y a la costa central a sur, respectivamente (Figura 12).

De acuerdo al pronóstico del GFS, entre el 12 al 25 de diciembre, el APS se ubicará cerca de su posición climática alrededor de los 35°S centrado en 90°W, con una configuración zonal y una intensidad entre 1024 a 1028 hPa en su núcleo, lo cual contribuiría a la presencia de vientos del sudeste ligeramente intensificados (Figuras 9 y 10).

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

En la franja de 110 km adyacente a la costa peruana, se registraron principalmente vientos moderados y anomalías positivas, para el mes de noviembre y los primeros diez días de diciembre, con excepción de la segunda semana de noviembre, donde se observó un debilitamiento a lo largo de la costa, generando anomalías negativas de VV (Figura 13). El afloramiento costero, en el mes de noviembre y en los primeros diez días de diciembre, se mostró debilitado con respecto al mes anterior a lo largo de la costa, aunque continuó registrando pulsos entre Paita y Sechura. El índice del bombeo de Ekman mantuvo la tendencia a disminuir, aunque aún por sobre su climatología (Figura 44).

Entre el 1 y el 9 de diciembre de 2024, las temperaturas máximas promedio a lo largo del litoral costero aumentaron en $+0,3 \text{ °C}$, mientras que, las temperaturas mínimas se mantuvieron dentro de los rangos normales, en comparación con las anomalías promedio de noviembre. Estos cambios estuvieron relacionados con una menor cobertura nubosa y la normalización de la TSM. Las temperaturas máximas en la costa norte mostraron anomalías promedio de $+1,5 \text{ °C}$ por encima de su normal decadiaria, mientras que, en la costa central y sur las anomalías fueron de $+1,0 \text{ °C}$ y $+0,6 \text{ °C}$, respectivamente, valores que se encuentran dentro de la variabilidad climática ($\pm 1,0 \text{ °C}$).

Las mayores anomalías se registraron en las estaciones meteorológicas de Lambayeque (Lambayeque, costa norte) con $+2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y Campo de Marte (Lima, costa central) con $+1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. En cuanto a las temperaturas mínimas, las anomalías promedio en la costa norte, central y sur fueron de $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, valores considerados dentro de los rangos normales ($\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). El mayor incremento se presentó en la estación meteorológica Talla Guadalupe (La Libertad, costa norte), con una anomalía promedio de $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 15).

En el mar peruano, la TSM aumentó frente a toda la costa durante noviembre, generando anomalías positivas, por fuera de las 50 mn. Entre finales de noviembre e inicios de diciembre la TSM disminuyó cerca de la costa, cambiando las anomalías a valores negativos de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 16). Dentro de las 100 mn de la zona norte, la TSM fluctuó alrededor de lo normal, con anomalías positivas en las primeras semanas de noviembre, y negativas entre finales del mes e inicios de diciembre (Figura 17 a). A otra escala, en el litoral, la anomalía de la TSM predominó con valores positivos en el norte; en tanto que, predominó con valores cercanos de cero en el centro y sur. Entre la última semana de noviembre y la primera semana de diciembre la anomalía cambió a valores negativos, con mayor magnitud en el norte (Figura 17 b).

De acuerdo a la información *in situ* de fines de noviembre a inicios de diciembre, la TSM dentro de las 140 mn frente a Pacasmayo y Chimbote, osciló entre $15,2$ y $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un promedio de $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las isotermas de 16 y $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ estuvieron presentes entre Salaverry y Chimbote dentro de las 12 mn. La isoterma de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se ubicó por fuera de las 40 mn frente a Chicama y a Salaverry, y por fuera de las 50 mn frente a Chimbote. Las anomalías de TSM mostraron magnitudes negativas con un promedio de $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, con las máximas de hasta $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a Salaverry (Figura 18).

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa peruana, registraron un aumento generalizado durante noviembre, asociado al arribo de la onda de Kelvin cálida, superando los $+10\text{ cm}$ al sur de Chicama y alcanzando $+13,4\text{ cm}$ frente a Bahía Independencia. Para la última semana de noviembre y hasta el 10 de diciembre, las ANM disminuyeron ante el arribo de la onda de Kelvin fría, detectándose valores de hasta $+1,2\text{ cm}$ en el extremo sur del Perú (Figura 19). Asimismo, en el litoral, la ANM registró anomalías positivas, durante la segunda semana de noviembre, debilitándose hacia la tercera semana del mes de noviembre, principalmente al sur de Callao, reflejando el paso de la onda de Kelvin fría (Figura 20).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres meses de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones costeras ubicadas desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de $+0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el mes de noviembre, dentro del rango de las condiciones neutras, mientras que, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelital para la banda de 40 km adyacente a la costa, presentó el valor temporal de $-0,2$ para noviembre, correspondiendo también a condiciones neutras (Figura 21)

Respecto a la temperatura sub-superficial, durante el mes de noviembre y primeros días de diciembre, entre Paita y Chimbote y dentro de las 130 mn frente a la costa, se observó el predominio de anomalías negativas sobre los 350 m de profundidad, detectándose principalmente las anomalías más intensas entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 80 m. Frente a la costa central y alrededor de las 100 mn, se observaron tanto núcleos negativos como positivos entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, sobre los 100 m de profundidad, mientras que, por debajo de los 200 m, se detectaron ligeras anomalías negativas (Figuras 22, 23 y 24). La profundidad de la termoclina presentó una posición por encima de su climatología, particularmente dentro de las 60 mn, frente a Paita; mientras que frente a Chicama se localizó dentro de su posición climatológica, en promedio, aunque con un leve ascenso respecto al mes anterior (Figura 25).

A corto plazo, hasta el 19 de diciembre, de acuerdo con el modelo MERCATOR se observa la reducción de las anomalías de la TSM hasta alcanzar valores negativos ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) en la región Niño 1+2 (Figura 26). La anomalía del nivel del mar indica la atenuación de las anomalías negativas dentro de los 110 km frente a la costa norte y centro de Perú, debido al arribo de una onda de Kelvin cálida (Figura 27). No obstante, la tasa de cambio de la anomalía de TSM con respecto al tiempo, presentaría una tendencia negativa frente a la costa norte de Perú sugiriendo que el efecto remoto no tendría mayor influencia en las anomalías de la TSM (Figura 28).

El pronóstico de TSM a 100 mn frente a la costa norte (Paita) indica un calentamiento de la temperatura sobre los 30 m, y un enfriamiento a 30 mn de la costa (Figuras 29 a y 29 b). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama, también se espera un enfriamiento superficial, con anomalías negativas ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$) en los primeros 20 m (Figura 29 c). En tanto, a 40 mn de Chimbote y 40 mn de Callao se espera el calentamiento superficial junto con la profundización de las isotermas, observándose a la isoterma de $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ en superficie y la disipación de las anomalías negativas para dar paso a una condición normal (Figuras 29 d y 29 e).

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), de acuerdo al modelo MERCATOR, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se aproximaron hasta Paita entre la segunda y tercera semana de noviembre (Figura 30), replegándose hacia el norte posteriormente. De acuerdo a información *in situ*, entre el 02 y 03 de diciembre se evidenció el afloramiento de aguas frías que generaron mezcla con las aguas oceánicas, resultando en valores de 35,05 sobre la columna de 75 m y dentro de las 100 mn frente a Paita (Figura 22). Por su parte, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) se mantuvieron del Golfo de Guayaquil hacia el norte y sobre los 25 m (Figuras 30 y 31). Al sur de Paita, se detectó una amplia distribución de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), disminuyendo su influencia al sur de Salaverry a causa del afloramiento de las aguas costeras frías (ACF) que fueron ampliando su proyección hacia el oeste entre Chimbote y San Juan de Marcona (Figuras 18 y 30). La información *in situ* de inicios de diciembre, indicó que la aproximación a la costa de ASS se limitó a la capa superficial frente a Salaverry y Chicama (Figura 18).

Asimismo, frente a Chimbote predominaron aguas de mezcla (ASS+ACF) con mayor influencia de las ACF (Figura 18). Al sur de San Juan de Marcona, de acuerdo al modelo MERCATOR, prevaleció la presencia de valores de baja salinidad entre Atico e Ilo, sugiriendo la influencia de las Aguas Intermedias del Pacífico Sur (AIPSE) (Figura 30); sin embargo, esto no pudo verificarse con información *in situ*.

El pronóstico a corto plazo de la salinidad indica un repliegue de las AES (< 30 m) dentro de las 30 mn de Paita hacia el norte, esperándose la presencia de las ACF a partir del 16 de diciembre en la costa norte (Figura 32).

Respecto al oxígeno disuelto (OD), a inicios de diciembre del 2024, en la sección de Paita, se observaron concentraciones típicas de celdas recientes de afloramiento, con valores inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar, dentro de las 50 mn de la costa. Además, se registró la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} por debajo de los 50 m de profundidad, mientras que el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se ubicó por debajo de los 130 m de profundidad (Figura 22). Por otro lado, en la sección de Chicama, también a finales de noviembre e inicios de diciembre del 2024, se detectaron celdas de afloramiento reciente dentro de las 25 mn de la costa, con valores de OD inferiores a $4,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar. En cuanto a la ZMO, el límite superior ($\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se extendió desde los 15 m hasta los 140 m de profundidad (Figura 22). La profundidad de la oxiclina presentó una posición por encima de su climatología en toda la sección Paita; mientras que frente a Chicama se localizó dentro de su posición climatológica, en promedio (Figura 25).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicadora de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio para noviembre, concentraciones de alrededor de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa, con núcleos de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Paita, entre San José y Chimbote, frente a Pisco, dentro de las 30 mn, y al sur de Atico, dentro de las 5 mn. Esto significó un aumento respecto a octubre, siendo más intenso el incremento durante las últimas semanas de noviembre. Estas concentraciones se asociaron a anomalías positivas entre $+1$ a $+5 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa. En los primeros nueve días de diciembre, han predominado altas concentraciones entre San Jose y Huacho ($>10 \mu\text{g L}^{-1}$); mientras, que frente a Paita y de Huacho a Ilo predominaron concentraciones entre 1 a $3 \mu\text{g L}^{-1}$. Además, se observaron anomalías positivas intensas al norte de Huacho ($>+8 \mu\text{g L}^{-1}$), mientras que, frente a Pisco hubo presencia de anomalías negativas (entre -2 a $-4 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figuras 33 y 34).

En la prospección realizada entre fines de noviembre e inicios de diciembre entre Chicama y Chimbote, se observaron manchas de color marrón oscuro en el mar, registrándose altos valores del volumen del plancton ($>2,5 \text{ mL m}^{-3}$) con la predominancia del fitoplancton.

La diatomea *Skeletonema costatum* fue la especie responsable de esta floración, asociada en menor proporción a otras especies de afloramiento, como *Thalassionema angulata*, *Coscinodiscus* spp., entre otras. Asimismo, se determinó la presencia de *Protoperdinium obtusum*, indicador de ACF, así como la presencia de huevos de anchoveta en toda la zona prospectada, sugiriendo la ocurrencia de un desove reciente de dicha especie (Figura 35).

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, desde el inicio de la segunda temporada de pesca de la anchoveta (01 de noviembre), el recurso presenta una distribución desde Pimentel hasta Pisco, dentro de la 70 mn de la costa. Las mayores capturas se presentaron en a los 9° S y dentro de las 20 mn de la costa. (Figura 36). La estructura de tallas fue principalmente de adultos con un rango que abarcó de 8,0 a 16,0 cm longitud total (LT), con moda en 13,0 cm LT. La incidencia de juveniles fue de 14,8 % (en número) y en peso fue de 8,8 %. Al norte del Callao se observó que las tallas menores a 12,0 cm tuvieron una incidencia menor al 10 %. Al sur del Callao se registró mayor incidencia de tallas menores de 12,0 cm LT, superando el 40 % (Figura 37).

Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro mostraron la finalización del periodo principal de desove en noviembre, acorde a lo esperado para esta época. El contenido graso registró una disminución respecto al mes anterior (Figura 38).

Respecto a las especies transzonales, la caballa (*Scomber japonicus*) se distribuyó a lo largo del litoral dentro de las 20 mn y el jurel (*Trachurus murphyi*), entre Chimbote y Morro Sama dentro de las 30 mn de la costa. El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), se presentó entre Punta La Negra y Morro Sama dentro de las 65 mn. En cuanto al perico (*Coryphaena hippurus*), se observó el acercamiento estacional del recurso hacia la costa y las áreas de pesca estuvieron localizadas hasta las 360 mn de la costa, con zonas de mayor concentración frente a Callao e Ilo (Figura 39). En relación a los procesos reproductivos, considerando la variación del IGS, la caballa se encuentra en su periodo de reposo gonadal y el jurel continúa presentando una disminución de sus procesos de madurez gonadal y desove con respecto al mes anterior. El bonito siguió con su período importante de reproducción, acorde a la tendencia de su patrón histórico (Figura 40).

Respecto a la merluza, entre noviembre y el 04 de diciembre, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta Parachique. Durante ese periodo, los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron en dos zonas: i) el área comprendida entre el extremo norte del litoral y los 4°S y ii) el área comprendida entre los 4°30'S y los 5°30'S. En general, los valores de CPUE presentaron una tendencia positiva desde febrero hasta agosto y negativa desde setiembre hasta noviembre. No obstante, en los primeros días de diciembre la CPUE presentó valores más altos que en octubre y noviembre (Figuras 41 y 42).

Se mantuvo la presencia del grupo de ejemplares de menor tamaño (< 28 cm LT) principalmente al sur de los 4°S. Estos reclutas mostraron un crecimiento en tamaño, desde que se observó su ingreso a la zona de pesca en el extremo norte del litoral en setiembre de 2023 hasta octubre 2024, manteniendo la misma estructura de tallas en noviembre (Figura 43).

Para los recursos invertebrados, se observó que el calamar gigante se distribuyó entre Punta Sal y Ático, de 20 a 160 mn de la costa, registrando la mayor presencia entre Pisco y San Juan de Marcona (Figura 44). Asimismo, se detectó la presencia de ejemplares de tamaño mediano, con moda en 30 cm y media en 34 cm de longitud de manto.

Entre los días 11 al 17 de noviembre del 2024, se realizó la evaluación mensual de la dieta del guanay, mediante la colecta de sus bolos, en isla Macabí, isla Mazorca, isla Pescadores, punta San Juan y punta Coles. El análisis muestra que la dieta del guanay estuvo compuesta sólo de anchoveta (adulta y juvenil), lo cual también fue observado durante el año. En particular, en el mes de noviembre, la presa predominante fue la anchoveta juvenil, sobre todo en la zona centro – sur, mientras que, en la zona norte, aún se observó que el guanay se alimentó, principalmente, de anchoveta adulta (Figura 45). Por último, se observó que las poblaciones de aves guaneras, se vienen recuperando; incluso se encuentran en temporada de reproducción con pichones y/o huevos. Este comportamiento está relacionado con la mayor disponibilidad de alimento.

3.4. Condiciones hidrológicas

Durante el mes de noviembre y los primeros diez (10) días de diciembre de 2024, los ríos de la vertiente del Pacífico norte, desde el río Chira hasta el río Chicama, continuaron presentando caudales notoriamente por debajo de lo normal, con una tendencia a seguir disminuyendo, especialmente los ríos de Chancay Lambayeque y Zaña. Por otro lado, los ríos de las vertientes Pacífico central y Pacífico sur mostraron caudales sobre lo normal. En los ríos del Pacífico centro (desde Pativilca hasta Pisco), se observó un comportamiento ascendente, con caudales notoriamente sobre lo normal. En los ríos del Pacífico sur, a partir de la segunda mitad de noviembre, los caudales pasaron de condiciones normales a ligeramente sobre lo normal, condición que se ha mantenido hasta la fecha en diciembre (Tabla 4).

En los ríos del lado oriental de nuestro país, se han observado tendencias ascendentes en la gran mayoría de los caudales, destacándose de manera muy notoria los ríos Ucayali, Mantaro, Urubamba y los ubicados en la zona del Alto Huallaga. En contraste, los ríos del Marañón, así como los del medio y bajo Huallaga, presentaron una tendencia a la normalización de sus caudales. Sin embargo, los ríos de la cuenca de Crisnejas, donde se encuentra la ciudad de Cajamarca, aún registran caudales muy debajo de normal. Un comportamiento similar se observó en los ríos de Nanay y Napo.

El río Amazonas mostró una tendencia ascendente durante todo el periodo de análisis, aunque aún no alcanza condiciones normales (Tabla 5). Por otro lado, los ríos que alimentan el lago Titicaca tuvieron un notable incremento en sus caudales, pasando de condiciones deficitarias a un superávit durante todo el mes de noviembre y lo que va de diciembre. A pesar de esta mejora en los caudales, el nivel del lago Titicaca continúa con una tendencia a la disminución.

Hasta el 10 de diciembre de 2024, los principales embalses del país se encuentran al 43,1 % de su capacidad hidráulica total. Cabe mencionar que los embalses Poechos, San Lorenzo y Tinajones, ubicados en el norte del país, presentaron los niveles más bajos, alcanzando registros históricos mínimos para esta época del año (Tabla 5).

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En los valles del alto Piura (Chulucanas y Morropón), las plantaciones de mango se encuentran en plena fructificación, favorecidas por las temperaturas que oscilan entre normales y superiores a su climatología. Esto ha generado un aumento en la demanda de agua, lo cual es crucial para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas durante esta etapa de desarrollo. Por otro lado, en las zonas productoras de mango de Lambayeque (Jayanca, Pasabar y Motupe), las temperaturas máximas ligeramente cálidas y las mínimas en torno a los valores normales han favorecido también a la fructificación. Sin embargo, la variabilidad térmica diaria, junto con periodos de temperaturas máximas superiores a las usuales, ha incrementado la demanda de agua para el cultivo. Para la campaña chica 2024 en la zona de Piura, las parcelas de arroz se encuentran en fase de maduración córnea, una etapa que requiere frecuencias de riego permanente. Sin embargo, en los valles arroceros de La Zaña y La Leche, las plantaciones de arroz están entre la maduración lechosa y el desarrollo de panoja, con un estado regular debido al déficit de lluvias en las zonas altas. Este déficit limita la disponibilidad de agua y, en algunos casos, se han registrado periodos sin lámina de agua, lo que ha afectado el crecimiento y desarrollo de la planta. En la costa sur, en La Yarada (Tacna), las plantaciones de olivo han continuado su fructificación, observándose un estado bueno, favorecido por las temperaturas del aire, que se han mantenido dentro de los rangos normales para la región (Figura 46).

IV. PERSPECTIVAS

Según el pronóstico del C3S *multi-system*, se espera que las máximas anomalías positivas de presión en el Pacífico tropical y subtropical oriental ocurran durante el mes de enero del 2025, contribuyendo al aumento del gradiente de presión este-oeste, y con ello a la circulación de Walker típica de condiciones de La Niña. Sin embargo, de febrero en adelante tales anomalías positivas serán de menor magnitud por lo cual el gradiente de presión se debilitaría. Por otro lado, de marzo a mayo, estas anomalías se desplazarían al este acercándose al continente (Figura 47).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanESM5, GEM5.2–NEMO, NASA–GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA–RSMAS–CCSM4, COLA–RSMAS–CESM1), con condiciones iniciales de diciembre de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican una condición fría débil entre enero y marzo de 2025; mientras que, entre abril y octubre de 2025 las condiciones serían neutras. Según estos resultados, se darían condiciones de La Niña de magnitud débil durante el verano de 2025. Hay que tener en cuenta que, debido a la barrera de predictibilidad, los pronósticos más allá de abril son menos precisos (Tabla 6). Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos de NMME, a pesar de mostrar anomalías negativas en dicha región, se ubican en el rango de condiciones neutras, por lo pronto, hasta inicios de la primavera de 2025 (Tabla 7).

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de noviembre, indica que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), se mantendría en promedio con valores por debajo de lo normal y que recién alcanzaría los valores normales a fines del invierno de 2025. Por lo tanto, de acuerdo a este modelo, no existe probabilidad de que en el siguiente verano se desarrolle un evento Niño E fuerte. En lo que respecta al índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), este índice muestra valores negativos que se extienden, por lo pronto, hasta inicios de la primavera del 2025 (Figura 48).

Según los datos de altimetría satelital, es probable que en la quincena de diciembre arribe a la costa americana una onda de Kelvin cálida de poca intensidad, seguida de una onda de Kelvin fría a mediados de enero (Figura 3). En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se espera que durante diciembre se mantenga la presencia del paquete de ondas de Kelvin frías en la costa americana, afectando principalmente la temperatura por debajo de la superficie. El pulso de viento del este que se desarrolló desde noviembre podría proyectarse en un paquete de ondas de Kelvin frías que arribarían en febrero o marzo 2025. Finalmente, a fines de febrero 2025 podría arribar, nuevamente, una onda cálida. La presencia de ondas de Rossby cálidas en el extremo occidental puede contribuir a la formación de más ondas de Kelvin cálidas (Figura 2).

Los resultados de los modelos de ondas del IGP —forzado con el re-análisis de NCEP para el diagnóstico (hasta el 09 de diciembre) y luego con vientos climatológicos para el pronóstico— corroboran que se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida débil en diciembre y luego un paquete de ondas de Kelvin frías durante todo enero. De no darse más pulsos de viento en el Pacífico ecuatorial, desde febrero se esperarían ondas de Kelvin cálidas que serían consecuencia de la reflexión de ondas de Rossby en el extremo occidental. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina (Figuras 49 y 51).

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 07 de diciembre 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que, entre diciembre 2024, enero y febrero 2025, se espera la llegada a las costas sudamericanas de dos ondas de Kelvin frías y dos ondas de Kelvin cálidas. En diciembre, se espera la llegada de la onda Kelvin cálida (modo 1, actualmente observada en el Pacífico oriental), debilitada por las anomalías de vientos del este en noviembre en el Pacífico ecuatorial central. La persistencia de estas mismas anomalías de vientos del este en noviembre e inicios de diciembre, forzó ondas Kelvin frías (modo 1 y modo 2) que llegarían al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre diciembre 2024 y enero 2025 (modo 1) y entre enero y febrero del 2025 (modo 2). Cabe señalar que la persistencia de dichas anomalías de vientos del este habría debilitado la onda Kelvin cálida (modo 1) que fue generada por la reflexión de una onda Rossby cálida entre octubre y noviembre en el Pacífico ecuatorial occidental. Esta onda Kelvin cálida llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre enero y febrero del 2025 (Figura 52).

Conforme al juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en el Pacífico central son más probables las condiciones frías débiles hasta febrero de 2025, seguidas por la condición neutra hasta julio de 2025 (Tabla 8 y Figura 53). Para el período diciembre 2024 a marzo 2025, la probabilidad de la condición de La Niña es 52 % y la condición neutra es 48 % (Tabla 10).

Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones neutras hasta julio de 2025 (Tabla 9 y Figura 53), alcanzando 70 % de probabilidad durante diciembre 2024 a marzo 2025 (Tabla 11).

En base a los escenarios de las condiciones del Pacífico Ecuatorial y otros procesos climáticos, el pronóstico estacional para los meses de diciembre 2024 a febrero 2025³ prevé temperaturas del aire entre normales y superiores a lo normal en gran parte de la costa. En cuanto a las precipitaciones, son más probables las condiciones normales en la sierra norte occidental y bajo lo normal en la costa norte.

³ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-53.pdf>

Según el pronóstico hidrológico⁴, entre diciembre 2024 a febrero 2025, se espera que, en la región hidrográfica del Pacífico, los caudales estén por debajo de lo normal a muy por debajo de lo normal en la zona norte; mientras que, en la zona centro y sur, predominarían caudales normales a sobre lo normal. Adicionalmente, no se descartan crecidas repentinas en los ríos de la costa.

En cuanto a los recursos pesqueros se espera que para las próximas semanas la anchoveta del *stock* norte-centro continúe presentando buena disponibilidad para la pesca. En cuanto a la merluza, se prevé que la disponibilidad del recurso para la pesquería continúe presentando niveles similares a lo observado en las dos semanas previas. Por otro lado, se espera que la disponibilidad de la pota o calamar gigante para la pesca se recupere progresivamente a lo largo del 2025, alcanzando niveles similares a los registrados antes del evento El Niño 2023-2024, siempre y cuando los indicadores biológicos y oceanográficos se mantengan en condiciones similares a los actuales.

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-52.pdf>

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN, en base a las condiciones oceánicas y atmosféricas, así como de los pronósticos en la región Niño 1+2, mantiene el estado "del sistema de alerta ante el Niño Costero y la Niña Costera " en **"No Activo"**⁵, debido a que es más probable que se mantenga la condición neutra⁶ hasta julio de 2025, alcanzando 70 % de probabilidad durante diciembre 2024 a marzo 2025,

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) son más probables las condiciones frías débiles hasta febrero de 2025, seguidas por la condición neutra hasta julio de 2025. Para el periodo diciembre 2024 a marzo 2025, la probabilidad de la condición de La Niña es 52 % y la condición neutra es 48 %.

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

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 17 de enero de 2025.

⁵ No activo: Ocurre cuando se presentan condiciones neutras o, cuando de acuerdo al análisis de las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas y de la predicción de los modelos climáticos, el pronóstico probabilístico mensual del Índice Costero El Niño (ICEN) indica que la probabilidad de la categoría neutra superará el 50 % durante al menos los siguientes tres meses consecutivos (Nota Técnica ENFEN 02-2024; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-02-2024-sistema-de-alerta-ante-el-nino-y-la-nina-costera/>)

⁶ Las condiciones mensuales se establecen en base al valor del ICEN. En el caso de la condición neutra, esta corresponde cuando el valor del ICEN es mayor o igual que -0.7 y menor o igual que +0.5 (Nota Técnica ENFEN 01-2024; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-01-2024-definicion-operacional-de-los-eventos-el-nino-costero-y-la-nina-costera-en-el-peru/>). Para el caso del Pacífico central, la condición neutra se considera cuando el valor del ONI es mayor que -0.5 y menor que +0.5 (https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php).

VI. TABLAS Y FIGURAS

6.1. Tablas

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

TSM-ATSM Mensual 2024 (ERSSTv5, °C)					
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4	
Jun. 24	22.17 -0.95	26.35 -0.27	27.91 0.18	29.67	0.70
Jul.	21.18 -0.78	25.67 -0.14	27.34 0.05	29.41	0.51
Ago.	20.58 -0.43	24.83 -0.29	26.74 -0.12	29.19	0.41
Set.	19.98 -0.75	24.71 -0.20	26.46 -0.26	28.91	0.15
Oct.	20.67 -0.35	24.81 -0.17	26.43 -0.29	28.87	0.11
Nov.	21.69 0.04	24.97 -0.13	26.51 -0.19	28.89	0.19

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

TSM – ATSM Semanal 2024 (OISST.v2)		
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3.4
06-Nov-24	21.3 -0.2	26.4 -0.3
13-Nov-24	21.9 0.2	26.8 0.0
20-Nov-24	22.7 0.8	26.7 -0.1
27-Nov-24	22.5 0.3	26.4 -0.3
04-Dic-24	22.5 0.1	26.3 -0.3

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
nov-23	2.01	Cálida Moderada	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1.67	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1.35	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.88	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
mar-24	0.38	Neutro	1.15	Cálida Moderada
abr-24	-0.38	Neutro	0.75	Cálida Débil
may-24	-0.78	Fría Débil	0.39	Neutro
jun-24	-0.97	Fría Débil	0.17	Neutro
jul-24	-0.72	Fría Débil	0.05	Neutro
ago-24	-0.65	Neutro	-0.11	Neutro
set-24	-0.50	Neutro	-0.22	Neutro
oct-24	-0.35	Neutro	-0.24	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
nov-24	-0.12	Neutro	-0.41	Neutro

Fuente: IGP

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

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)		Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Noviembre - 2024									Diciembre - 2024				
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	12.95	13.01	11.78	11.17	10.86	13.37	12.19	-12.00	Normal	12.96	22.59	17.78	-0.40	Normal
	Tumbes El Tigre	14.46	13.95	13.45	12.96	13.11	14.85	13.80	-11.30	Normal	14.64	22.22	18.43	16.20	Ligeramente sobre lo normal
	Chira (Ardilla)	11.38	2.47	3.42	4.524	4.12	3.46	4.90	-77.66	Significativamente por debajo de lo normal	8.85	37.95	23.40	-24.56	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chira (Puente Suallana)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal
	Chira (río Quiroz)	5.85	5.19	4.78	4.33	4.20	6.66	5.17	-40.28	Ligeramente por debajo de lo normal	7.09		7.09	-47.36	Ligeramente por debajo de lo normal
	El Ciruelo	3.93	2.06	1.89	1.79	1.94	1.93	2.26	-92.25	Significativamente por debajo de lo normal	7.88	68.76	38.32	29.28	Ligeramente sobre lo normal
	Puente Internacional	5.77	4.89	4.73	4.55	4.84	4.95	4.96	-35.88	Ligeramente por debajo de lo normal	7.64	18.65	13.15	54.03	Significativamente sobre lo normal
	Piura (Sánchez Cerro)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Normal	0.00	0.00	0.00	0.00	Normal
	Motupe (Morropón)	0.34	0.34	0.20	0.12	0.11	0.17	0.21	-13.03	Normal	1.13		1.13	189.07	Significativamente sobre lo normal
	La Leche_Puchaca	0.33	0.22	0.20	0.17	0.16	0.38	0.24	-76.35	Significativamente por debajo de lo normal	1.12		1.12	-21.75	Ligeramente por debajo de lo normal
	Chancay Lambayeque	3.27	2.53	2.13	1.79	2.01	3.60	2.56	-85.29	Significativamente por debajo de lo normal	4.96		4.96	-71.69	Significativamente por debajo de lo normal
	Batan_Zaña	0.87	0.88	0.68	0.58	0.66	0.64	0.72	-76.97	Significativamente por debajo de lo normal	0.69	0.98	0.83	-74.60	Significativamente por debajo de lo normal
	Jequetepeque	0.58	0.86	0.60	0.45	0.19	0.69	0.56	-93.23	Significativamente por debajo de lo normal	3.6936		3.69	-72.96	Significativamente por debajo de lo normal
	Chicama (Salinar)	0.46	0.46	0.44	0.36	0.15	0.13	0.33	-95.98	Significativamente por debajo de lo normal	1.39		1.39	-89.93	Significativamente por debajo de lo normal
	Chicama (Tambo)	2.16	2.14	2.27	2.14	2.03	1.88	2.10	-26.58	Ligeramente por debajo de lo normal	3.04	3.49	3.27	-27.04	Ligeramente por debajo de lo normal
Moche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	0.00		0.00	-100.00	Significativamente por debajo de lo normal	
Santa	79.74	90.67	65.83	55.37	76.41	115.69	80.62	-5.35	Normal	27.18	7.01	17.10	-5.35	Normal	
Pacífico Centro	Pativilca	17.14	23.94	24.49	23.70	24.31	31.37	24.16	7.84	Normal	37.16		37.16	30.31	Ligeramente sobre lo normal
	Huaura	7.72	10.83	11.23	8.23	12.72	17.68	11.40	-0.50	Normal	25.61	19.41	22.51	48.60	Ligeramente sobre lo normal
	Huaral	6.59	7.30	7.81	6.93	12.64	13.89	9.19	27.54	Ligeramente sobre lo normal	13.61		13.61	79.86	Significativamente sobre lo normal
	Chillon	1.49	1.84	1.71	1.77	3.67	4.98	2.58	-2.77	Normal	7.41	5.58	6.49	106.06	Significativamente sobre lo normal
	Rímac	87.93	77.90	86.38	86.73	71.65	32.52	73.85	304.96	Significativamente sobre lo normal	31.95	28.99	30.47	52.79	Significativamente sobre lo normal
	Lurin	0.37	0.47	0.32	0.33	0.72	6.38	1.43	83.05	Significativamente sobre lo normal	7.89	3.19	5.54	1045.48	Significativamente sobre lo normal
	Mala	2.07	2.07	2.56	2.62	4.14	21.79	5.88	142.64	Significativamente sobre lo normal	24.14		24.14	793.16	Significativamente sobre lo normal
	Cañete	18.64	18.52	18.52	19.22	17.31	25.53	19.62	26.34	Significativamente sobre lo normal	34.14	28.06	31.10	33.77	Ligeramente sobre lo normal
	San Juan_Conta	4.52	4.85	4.74	5.21	5.67	15.24	6.71	-56.47	Significativamente por debajo de lo normal	15.34	10.47	12.91	-56.47	Significativamente por debajo de lo normal
	Pisco	14.65	8.06	7.71	6.39	7.49	13.58	9.65	79.78	Significativamente sobre lo normal	14.84	6.94	10.89	176.87	Significativamente sobre lo normal
Pacífico Sur	Ica	8.05	7.87	7.08	6.18	7.02	8.72	7.48	-4.14	Normal	12.084		12.08	49.31	Ligeramente por debajo de lo normal
	Acarí	0.766	1.078	0.736	0.702	0.75	3.604	1.27	103.42	Significativamente sobre lo normal	14.10	4.84	9.47	767.61	Significativamente sobre lo normal
	Yauca	0.26	0.24	0.91	0.74	0.29	0.26	0.45	121.28	Significativamente sobre lo normal	0.21		0.21	132.47	Significativamente sobre lo normal
	Ocoña	27.26	27.35	26.45	27.23	29.02	46.24	30.59	-18.29	Ligeramente por debajo de lo normal	57.96	38.85	48.41	31.51	Ligeramente sobre lo normal
	Camana	24.67	24.66	23.04	22.73	22.04	29.46	24.43	17.55	Ligeramente sobre lo normal	36.95	26.88	31.91	52.16	Significativamente sobre lo normal
	Pte.El diablo_Chili	8.97	8.86	8.86	9.27	9.31	10.00	9.21	18.37	Ligeramente sobre lo normal	9.96	9.29	9.62	20.00	Ligeramente sobre lo normal
	Tambo La Pascana	5.77	5.71	6.02	7.04	10.72	14.05	8.22	16.38	Ligeramente sobre lo normal	13.53	9.36	11.44	41.01	Ligeramente sobre lo normal
	Huaracane (Samatelo)	0.27	0.26	0.28				0.27	-25.59	Ligeramente por debajo de lo normal					
	Torata	1.53	1.52	1.53				1.53	25.06	Ligeramente sobre lo normal					
	Tumilaca (Chivaya)	0.77	0.76	0.76	0.77	0.77	0.85	0.78	44.56	Ligeramente sobre lo normal	0.86	0.85	0.85	54.51	Significativamente sobre lo normal
	Locumba	2.75	2.74	2.77	2.77	2.77	2.77	2.76	25.67	Ligeramente sobre lo normal	2.76	2.78	2.77	28.99	Ligeramente sobre lo normal
	Sama	1.38	1.38	1.28	1.74	1.56	1.86	1.53	128.55	Significativamente sobre lo normal	181.75	170.59	176.17	176.18	Significativamente sobre lo normal

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Pentadiarios (m3/s)		Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición
		Noviembre - 2024									Diciembre - 2024				
		0.55	0.51	0.41	0.41	0.49	0.48				0.47	11.22			
Ríos Amazonicos	Caplina	0.55	0.51	0.41	0.41	0.49	0.48	0.47	11.22	Normal	0.50	0.49	0.50	17.63	Ligeramente sobre lo normal
	Amazonas (Tanshiyacu)	16567.93	18071.04	15551.19	14833.67	15105.30	19343.92	16578.84	-30.98	Ligeramente por debajo de lo normal	22074.79	23405.20	22740.00	-16.69	Ligeramente por debajo de lo normal
	Napo (Bella Vista)	2071.88	1721.41	1756.53	1608.40	1891.10	1566.41	1769.29	-66.98	Significativamente por debajo de lo normal	2025.83		2025.83	-63.56	Significativamente por debajo de lo normal
	Nanay (msnm)	122.70	121.15	120.43	120.66	121.81	122.73	121.58	-63.83	Significativamente por debajo de lo normal	123.77	123.58	123.68	-26.58	Ligeramente por debajo de lo normal
	Marañón (San Regis)			12416.54	10793.63	10755.56	14148.76	12028.62	-18.47	Ligeramente por debajo de lo normal	15579.24	15824.98	15702.11	-2.26	Normal
	Marañón (San Lorenzo)	126.81	126.57	126.72	126.68	126.76	127.02	126.76	-21.88	Ligeramente por debajo de lo normal	126.97	126.83	126.90	-27.57	Ligeramente por debajo de lo normal
	Ucayali _ANA (msnm)	140.39	140.08	141.60	141.90	143.55	143.94	141.91	7.89	Normal	144.04	144.25	144.14	9.84	Normal
	Ucayali SENAMHI (msnm)	140.76	140.29	142.04	142.31	143.86	144.36	142.27	14.95	Normal	144.50		144.50	21.09	Ligeramente sobre lo normal
	Contamana (msnm)	126.85	126.06	127.63	128.00	128.98	129.74	127.88	10.22	Normal	130.12	129.77	129.95	3.14	Normal
Marañón	Requena (msnm)	122.26	121.49	123.24	123.17	123.59	123.81	122.93	16.95	Ligeramente sobre lo normal	124.12	123.87	123.99	3.64	Normal
	Madre de Dios	1872.11	2522.41	3406.16	3903.87	6222.20	5613.15	3923.32	2.04	Normal	6354.13	8077.12	7215.63	8.28	Normal
	Marañón (Corral Quemado)	188.44	318.60	346.33	264.28	257.00	601.46	329.35	-6.29	Normal	572.13	573.17	572.65	-13.77	Normal
	Marañón (Cumba)	209.42	382.54	414.75	320.51	318.06	679.04	387.39	3.71	Normal	637.84	632.99	635.41	34.49	Ligeramente sobre lo normal
	Chunchuca	12.13	9.97	8.98	8.81	8.93	18.25	11.18	-33.73	Ligeramente por debajo de lo normal	20.59	18.62	19.61	4.95	Normal
	Crisnejas	2.44	6.06	1.62	1.12	1.76	10.32	3.89	-74.74	Significativamente por debajo de lo normal	14.71	14.43	14.57	-33.72	Ligeramente por debajo de lo normal
	Crisnejas (Jesus Tunel)	0.61	0.42	0.33	0.28	0.55	1.30	0.58	-239.04	Significativamente por debajo de lo normal	3.10	2.46	2.78	-24.71	Ligeramente por debajo de lo normal
	Masgom	0.08	0.08	0.07	0.06	0.65	0.28	0.20	-8.46	Normal	0.79	0.54	0.66	-31.15	Ligeramente por debajo de lo normal
Huallaga	Namora	1.05	1.22	0.80	0.70	0.95	1.54	1.04	-57.98	Significativamente por debajo de lo normal	2.87	4.01	3.44	-10.13	Normal
	Grande	0.64	0.57	0.55	0.55			0.58	-40.81	Ligeramente por debajo de lo normal	0.82	0.83	0.83	-15.98	Ligeramente por debajo de lo normal
	Huallaga (Picota)	1997.18	1962.87	2098.76	1934.47	2921.00	3164.16	2346.41	-27.02	Ligeramente por debajo de lo normal	2755.83	3005.56	2880.70	-14.66	Normal
	Shanao	308.46	303.12	238.36	149.53	225.73	195.00	236.70	-41.36	Ligeramente por debajo de lo normal	180.08	136.32	158.20	-57.75	Significativamente por debajo de lo normal
	Cumbaza	4.48	15.06	7.04	1.67	5.41	3.36	6.17	39.55	Ligeramente sobre lo normal	3.73	1.60	2.67	-34.81	Ligeramente por debajo de lo normal
	Rio Sisa	13.93	50.63	133.77	37.57	15.60	10.80	43.72	59.20	Significativamente sobre lo normal	8.80	6.96	7.88	-145.26	Significativamente por debajo de lo normal
	Huallaga (Huallabamba)	695.53	868.44	448.10	511.44	971.82	1062.65	759.66	-2.66	Normal	968.86	995.58	982.22	-9.74	Normal
	Huallaga (Tocache)	716.66	775.47	1001.32	1000.63	1421.83	1711.15	1104.51	-3.09	Normal	1355.82	1761.35	1558.59	-15.53	Ligeramente por debajo de lo normal
Mantaro	Huallaga (Tingo María)	169.08	249.99	371.38	351.20	628.05	696.07	410.96	-4.65	Normal	580.52	658.56	619.54	-7.18	Normal
	Huallaga (taruca)	22.97	36.88	79.14	60.31	116.27	94.65	68.37	39.55	Ligeramente sobre lo normal	88.89	70.04	79.47	-2.24	Normal
	Pongor	94.87	100.79	124.59	152.45	153.77	204.99	138.58	31.86	Ligeramente sobre lo normal	270.38	190.54	230.46	57.79	Significativamente sobre lo normal
	La Mejorada	87.88	91.39	104.05	131.73	132.68	168.26	119.33	23.13	Ligeramente sobre lo normal	182.11	143.22	162.67	65.71	Significativamente sobre lo normal
	Stuart	25.80	27.61	31.66	40.46	45.15	58.96	38.27	-28.98	Ligeramente por debajo de lo normal	58.96	56.53	57.74	14.49	Normal
Apurímac	Chulec	37.00	40.06	46.40	55.61	58.45	69.55	51.18	18.84	Ligeramente sobre lo normal	73.09	68.53	70.81	69.80	Significativamente sobre lo normal
	Rio Pallanga	0.34	0.40	0.45	0.40	0.60	0.86	0.51	-13.65	Normal	1.02	1.25	1.13	-23.60	Ligeramente por debajo de lo normal
	Antabamba	5.20	5.19	5.48	7.48	11.12	22.30	9.46	-56.98	Significativamente por debajo de lo normal	39.17	34.12	36.64	-6.67	Normal
Urubamba Vilcanota	Estación Egemsa Km 105	44.16	39.76	56.32	134.06	138.93	114.32	87.92	59.49	Significativamente sobre lo normal	111.11		111.11	70.59	Significativamente sobre lo normal
	Pisac	30.99	27.90	38.80	106.51	108.12	86.29	66.44	82.87	Significativamente sobre lo normal	86.88	79.89	83.38	39.65	Ligeramente sobre lo normal
Titicaca	Huancane	1.53	1.28	1.11	2.45	10.86	11.27	4.75	34.39	Ligeramente sobre lo normal	14.25	14.08	14.17	223.90	Significativamente sobre lo normal
	Ramis	3.43	3.10	2.84	3.53	32.31	35.27	13.41	-5.46	Normal	23.45	23.72	23.58	3.47	Normal
	Coata	2.21	1.06	0.88	8.67	28.34	25.26	11.07	56.05	Significativamente sobre lo normal	37.96	20.13	29.05	164.39	Significativamente sobre lo normal
	Ilave	2.33	2.20	2.24	3.42	8.42	11.22	4.97	-10.37	Normal	11.75	6.19	8.97	83.17	Significativamente sobre lo normal

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

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 10 de diciembre del 2024.

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Pochos	10-Dic	Piura	445.5	40.2	9.0
	San Lorenzo	10-Dic	Piura	195.6	16.2	8.3
	Tinajones	10-Dic	Lambayeque	331.6	77.0	23.2
	Gallito Ciego	10-Dic	La Libertad	366.1	169.9	46.4
	SUB TOTAL			1338.7	303.3	22.7
Costa - Centro	Viconga	10-Dic	Lima	30.0	0.0	0.0
	Sistema Rímac	18-Nov	Lima, Junín	282.4	139.0	49.2
	Choclococha	10-Dic	Ica	131.1	57.7	44.0
	Ccaracocha	10-Dic	Ica	40.0	17.0	42.5
	SUB TOTAL			483.5	213.7	44.2
Costa - Sur	Condorama	10-Dic	Arequipa	259.0	103.9	40.1
	El Pañe	9-Dic	Arequipa	99.6	73.9	74.2
	Dique Los Españoles	9-Dic	Arequipa	9.1	2.3	25.3
	Pillones	9-Dic	Arequipa	78.5	52.7	67.1
	El Frayle	9-Dic	Arequipa	127.2	68.7	54.0
	Aguada Blanca	9-Dic	Arequipa	30.4	10.8	35.5
	Chalhuanca	9-Dic	Arequipa	25.0	4.9	19.6
	Bamputañe	9-Dic	Arequipa	40.0	8.4	21.0
	Pasto Grande	3-Dic	Moquegua	200.0	128.3	64.2
	Paucarani	10-Dic	Tacna	10.5	5.3	50.5
	Laguna Aricota	10-Dic	Tacna	280.0	197.6	70.6
	Jarumas	10-Dic	Tacna	13.0	10.6	81.5
	SUB TOTAL			1172.4	667.4	56.9
Sierra - Centro	Cuchoquesera	6-Dic	Ayacucho	80.0	21.6	27.0
	Lago Junín	9-Dic	Junín	314.7	53.1	16.9
	SUB TOTAL			394.7	74.7	18.9
Sierra - Sur	Lagunillas	10-Dic	Puno	585.1	445.5	76.1
	Sibinacocha	10-Dic	Cusco	110.0	54.20	49.3
	SUB TOTAL			695.1	499.7	71.9
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	1,758.8	43.1

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

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

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	-0.97	-0.85	-0.58	-0.41	-0.39	-0.43	-0.41	-0.34	-----	-----
CanESM5	-0.43	-0.37	-0.31	-0.29	-0.28	-0.21	-0.11	-0.03	0.02	0.07
GEM5_NEMO	-0.53	-0.42	-0.25	-0.19	-0.19	-0.19	-0.14	-0.14	-0.18	-0.22
NASA	-1.62	-1.89	-1.70	-1.36	-1.08	-0.92	-0.76	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.01	0.15	0.26	0.31	0.31	0.27	0.17	0.04	-0.07	-0.15
COLA-CCSM4	-1.03	-1.06	-0.86	-0.54	-0.26	-0.06	0.08	0.13	0.10	0.06
COLA_CESM	-0.96	-0.89	-0.64	-0.42	-0.25	-0.1	0.04	0.14	0.19	0.20
Promedio										
NMME	-0.79	-0.76	-0.58	-0.41	-0.31	-0.23	-0.16	-0.03	0.01	-0.01

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

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	-0.30	-0.34	-0.37	-0.41	-0.36	-0.19	-0.03	0.00	-----	-----
CanESM5	0.21	0.08	-0.09	-0.15	-0.08	0.05	0.12	0.14	0.15	0.14
GEM5.2_NEMO										
O	0.11	0.09	0.07	0.10	0.20	0.29	0.20	0.06	-0.06	-0.09
NASA	-1.08	-1.48	-1.60	-1.59	-1.34	-1.05	-0.80	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE										
E	0.50	0.43	0.20	0.07	0.07	0.20	0.16	0.09	0.09	0.08
COLA_CCSM4	-0.26	-0.15	-0.12	-0.08	0.04	0.24	0.41	0.51	0.55	0.44
COLA_CESM	-0.25	-0.21	-0.16	-0.06	0.02	0.11	0.19	0.21	0.18	0.10
Promedio										
NMME	-0.15	-0.23	-0.30	-0.30	-0.21	-0.05	0.04	0.17	0.18	0.13

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

Pacífico central	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	3	2	1	1	1	1	1
Fría débil	52	51	48	44	37	30	25
Neutro	45	47	50	52	55	58	58
Cálida débil	0	0	1	3	7	10	15
Cálida moderado	0	0	0	0	0	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

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

Pacífico central	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	4	1	1	1	1	1	1
Fría débil	35	21	13	14	15	16	17
Neutro	55	58	60	60	60	61	61
Cálida débil	6	17	21	21	20	19	19
Cálida moderado	0	3	5	4	4	3	2
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0	0

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

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	16
Neutro	70
El Niño Débil	13
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Extraordinario	0

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

Magnitud del evento diciembre 2024-marzo 2025	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	51
Neutro	48
El Niño Débil	1
El Niño Moderado	0
El Niño Fuerte	0
El Niño Muy fuerte	0

6.2. Figuras

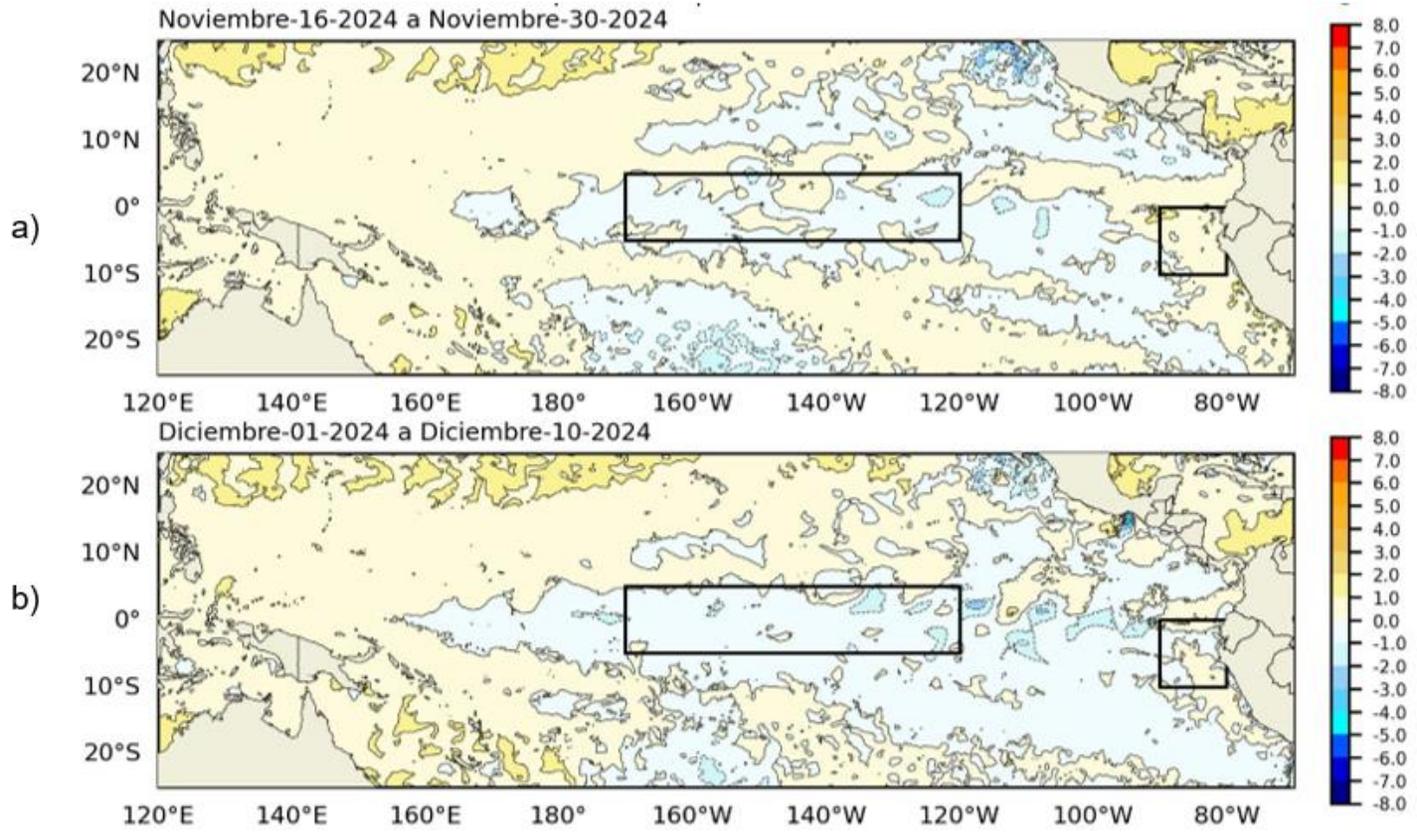


Figura 1. Anomalia de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 16 al 30 de noviembre 2024, y b) 01 al 10 de diciembre 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020.

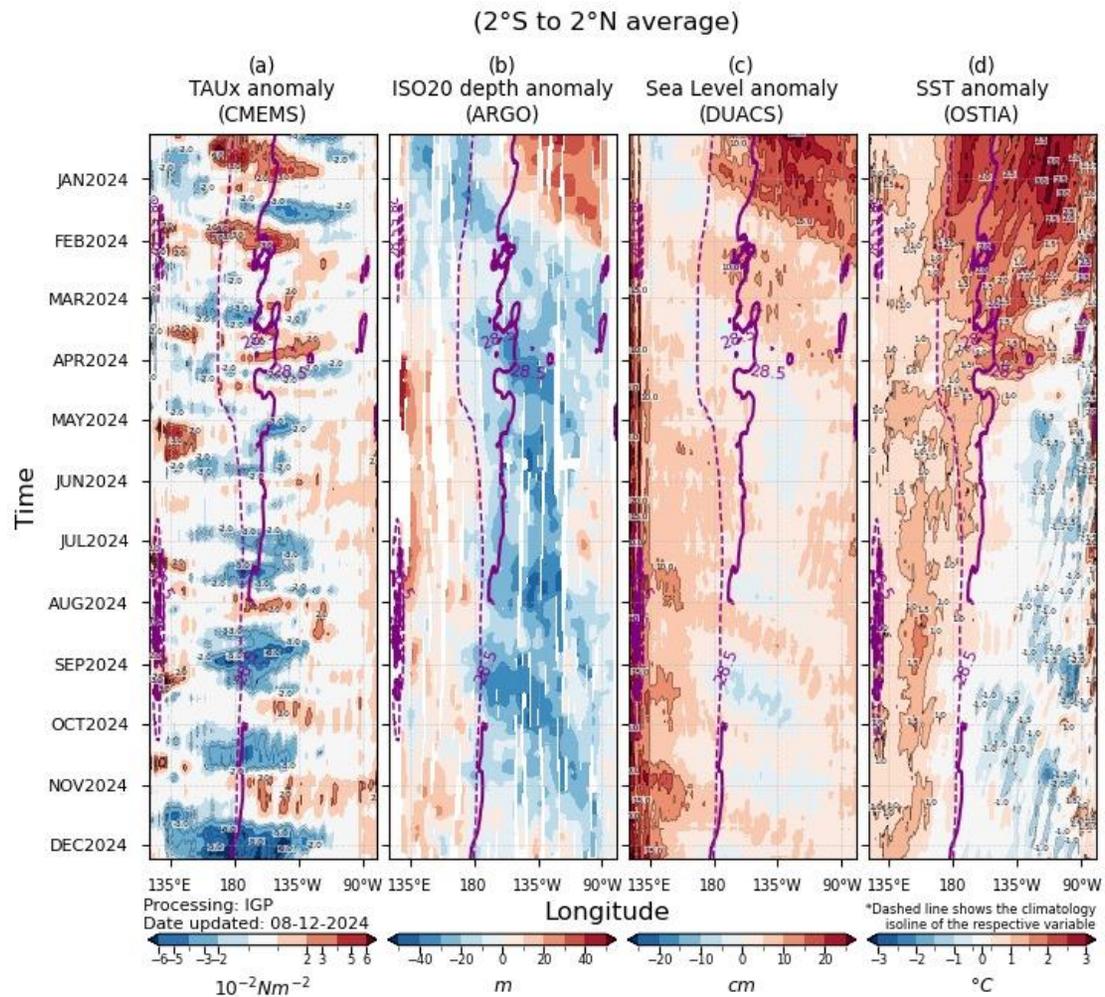


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: CMEMS, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP

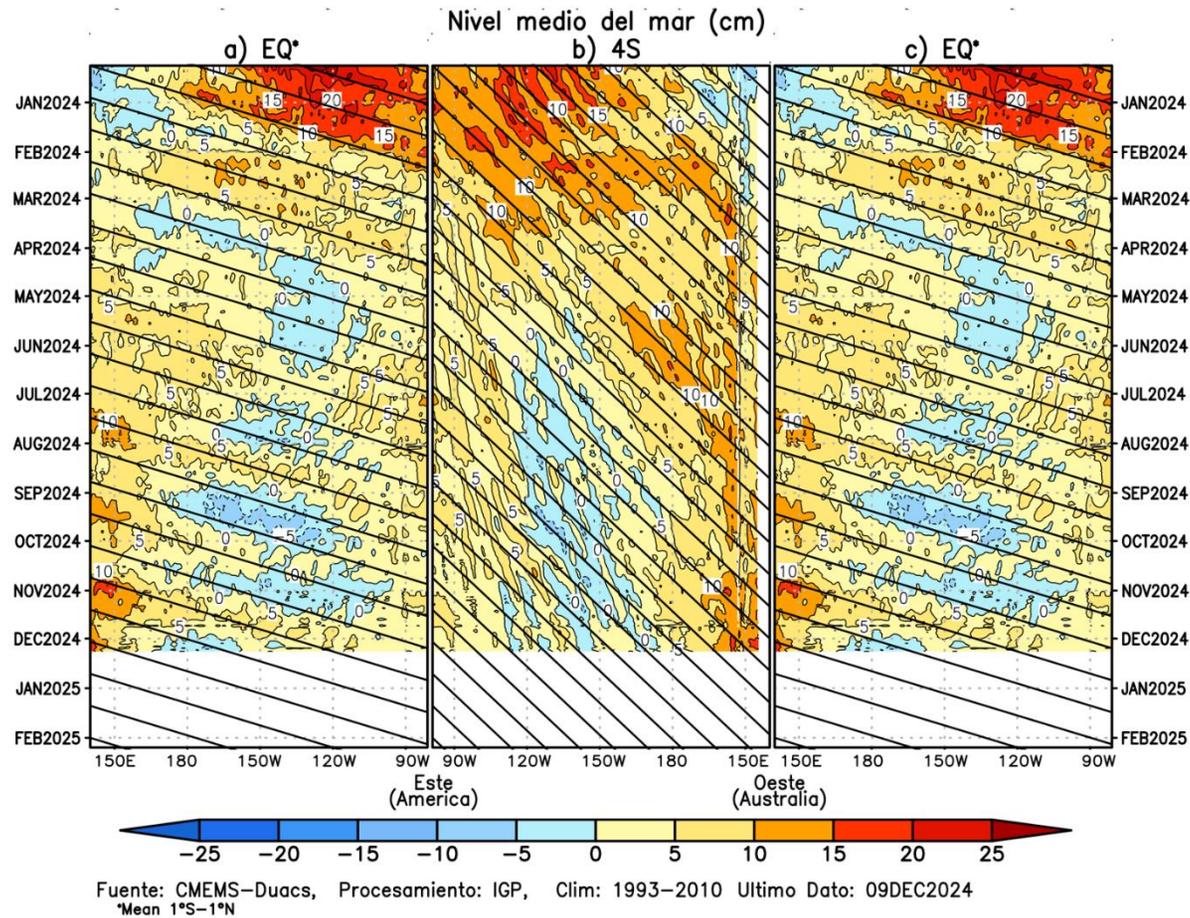


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS–Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4° S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

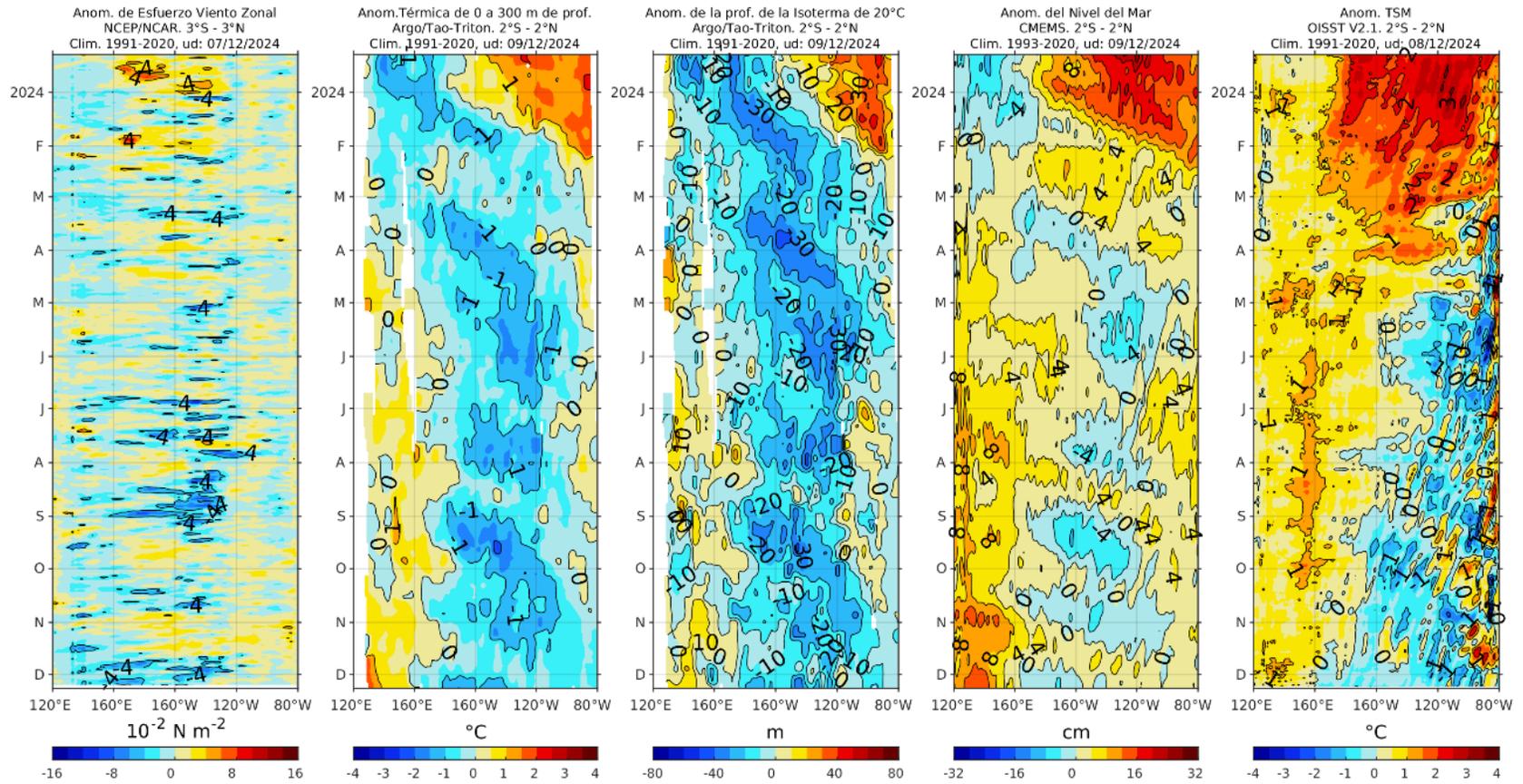


Figura 4. Diagrama Hovmöller de a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ECMWF-ASCAT; b) anomalía térmica sobre los 300 m de profundidad. Fuente: ARGO; c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO; d) anomalía de nivel del mar (cm). Fuente: CMEMS. Fuente: OISST V2.1. Procesamiento: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

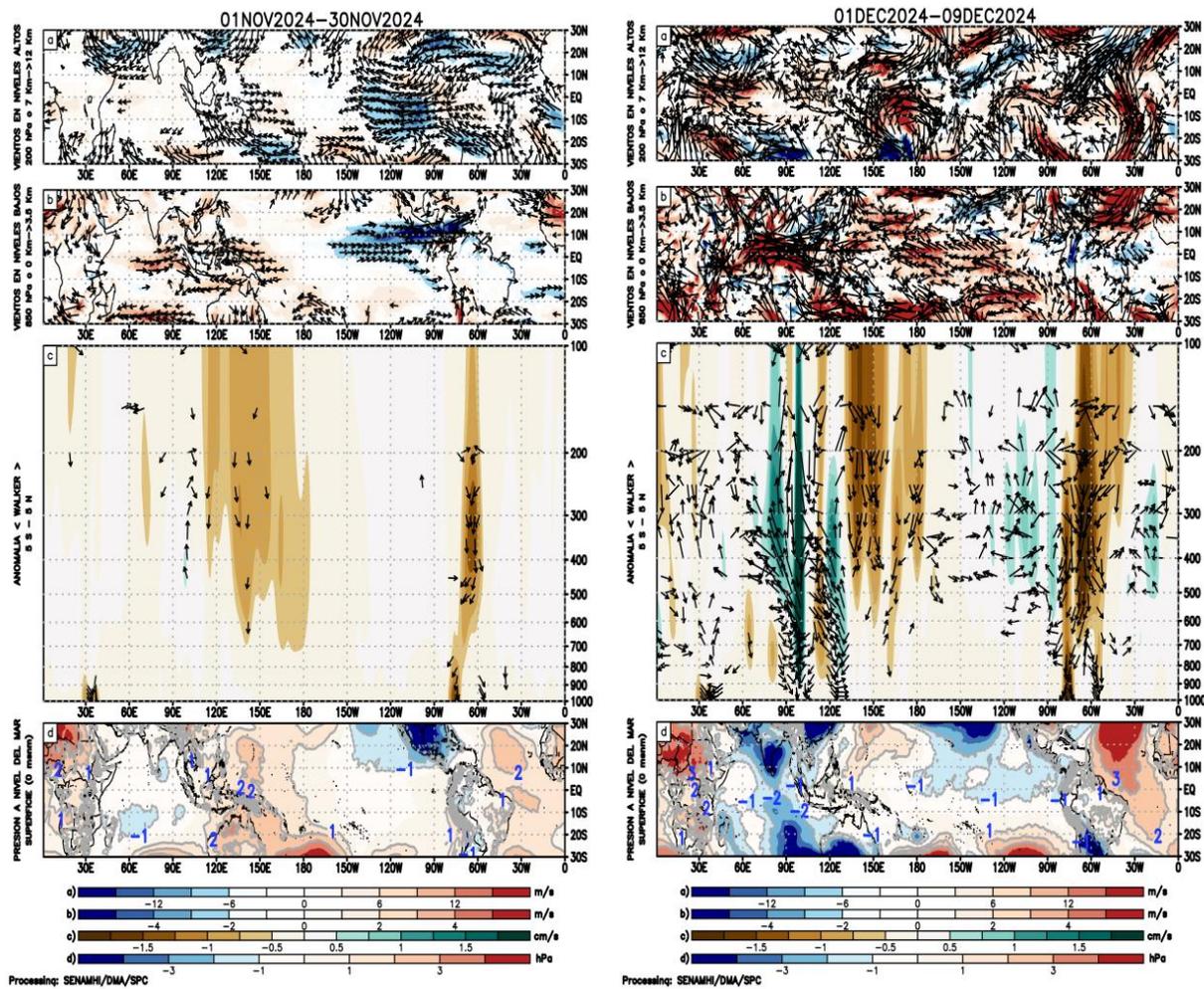


Figura 5. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) en el mes de octubre (izq.) y entre el 1-9 de diciembre de 2024 (der.), (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica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

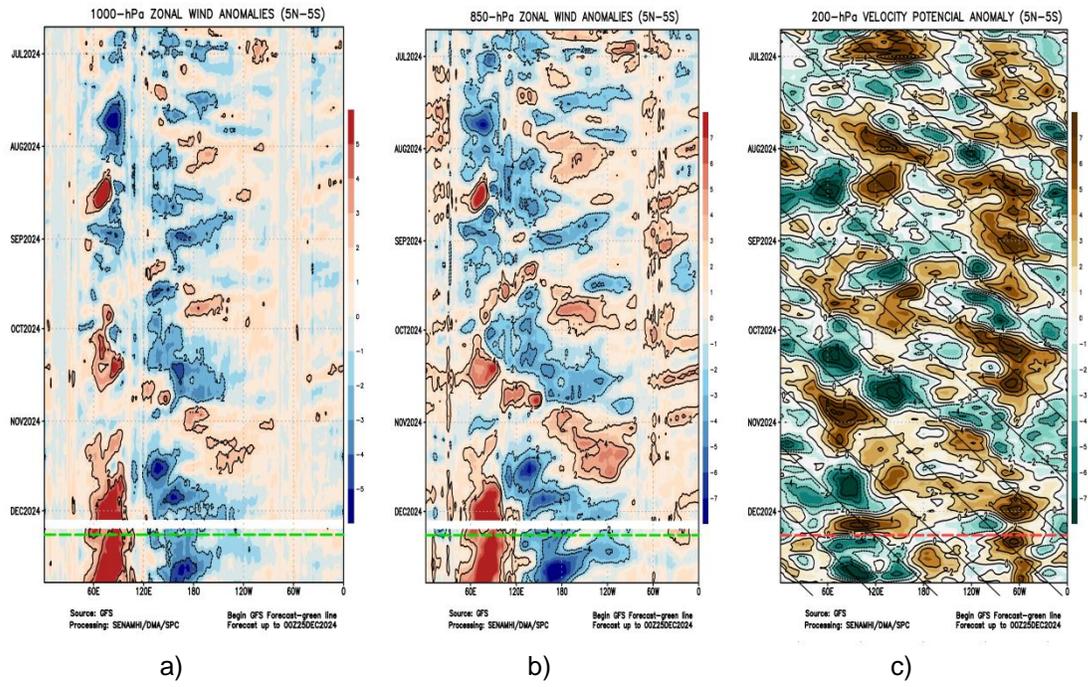
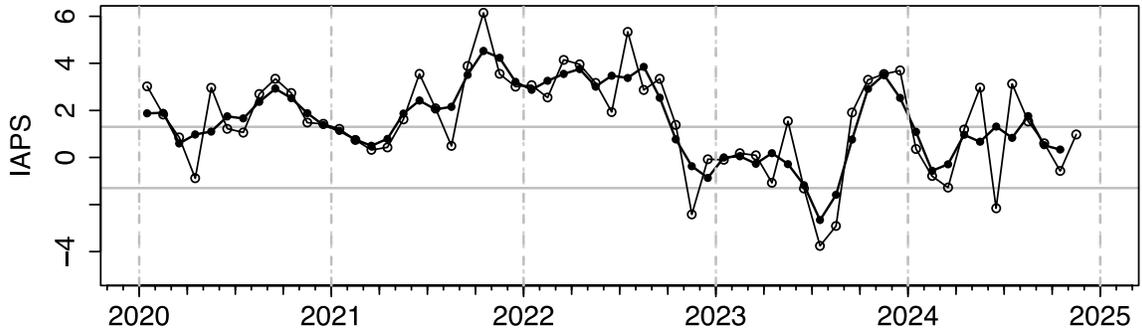
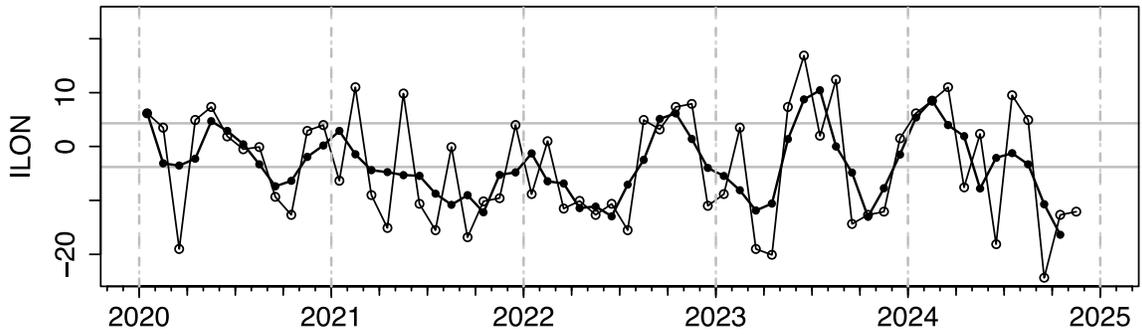


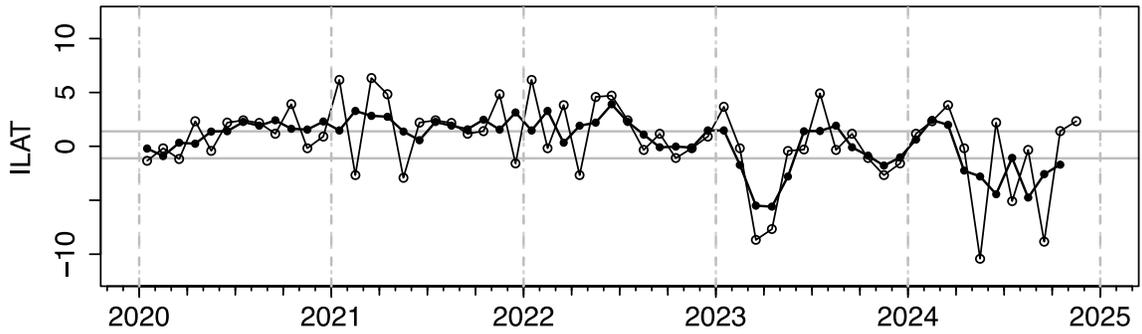
Figura 6. Anomalías promedio de viento zonal y velocidad potencial entre los 5°N y 5°S entre julio a diciembre del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: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



(a)



(b)



(c)

Figura 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 SON 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta noviembre 2024. Climatología 1991 – 2020.

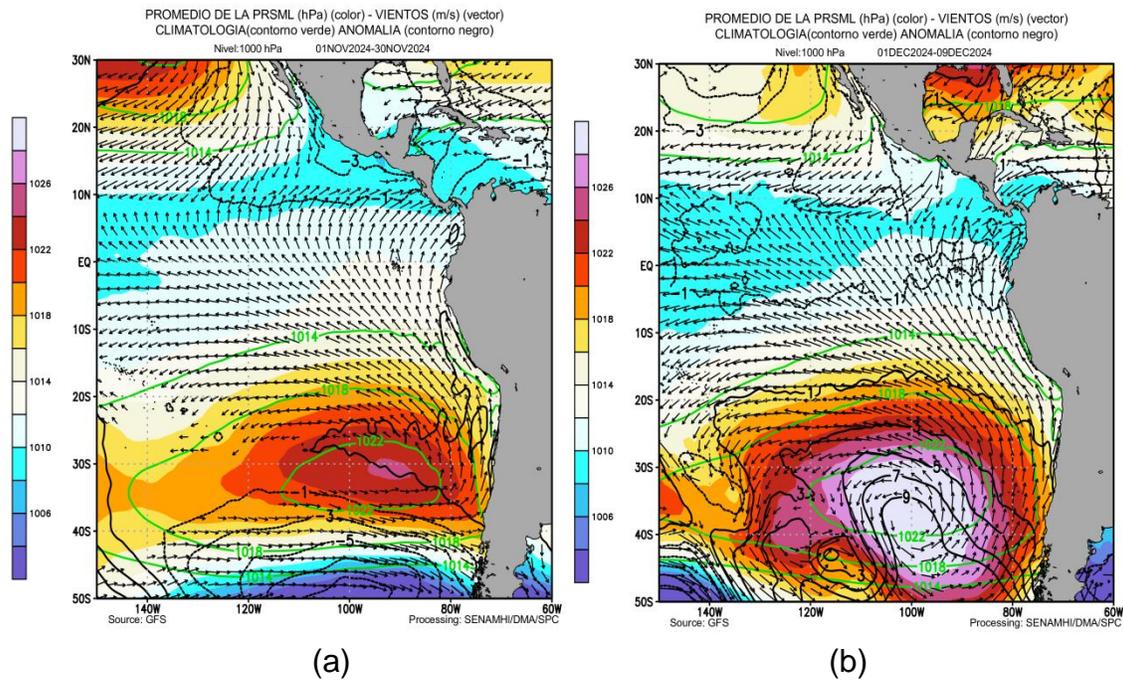


Figura 8. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 30 de noviembre (a) de 2024 y 01 al 9 de diciembre (b) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa ($m s^{-1}$, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

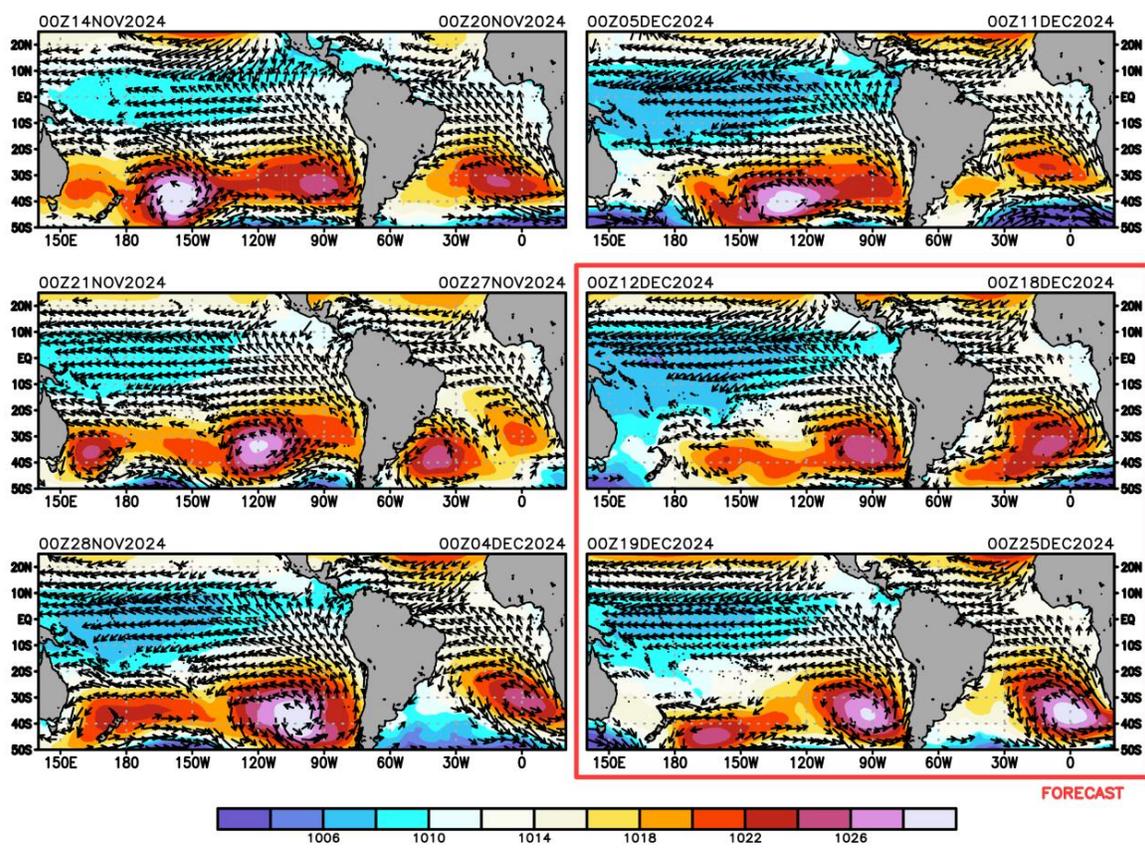


Figura 9. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 14 de noviembre del 2024 al 11 de diciembre de 2024. Pronóstico: del 14 al 27 de noviembre del 2024. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

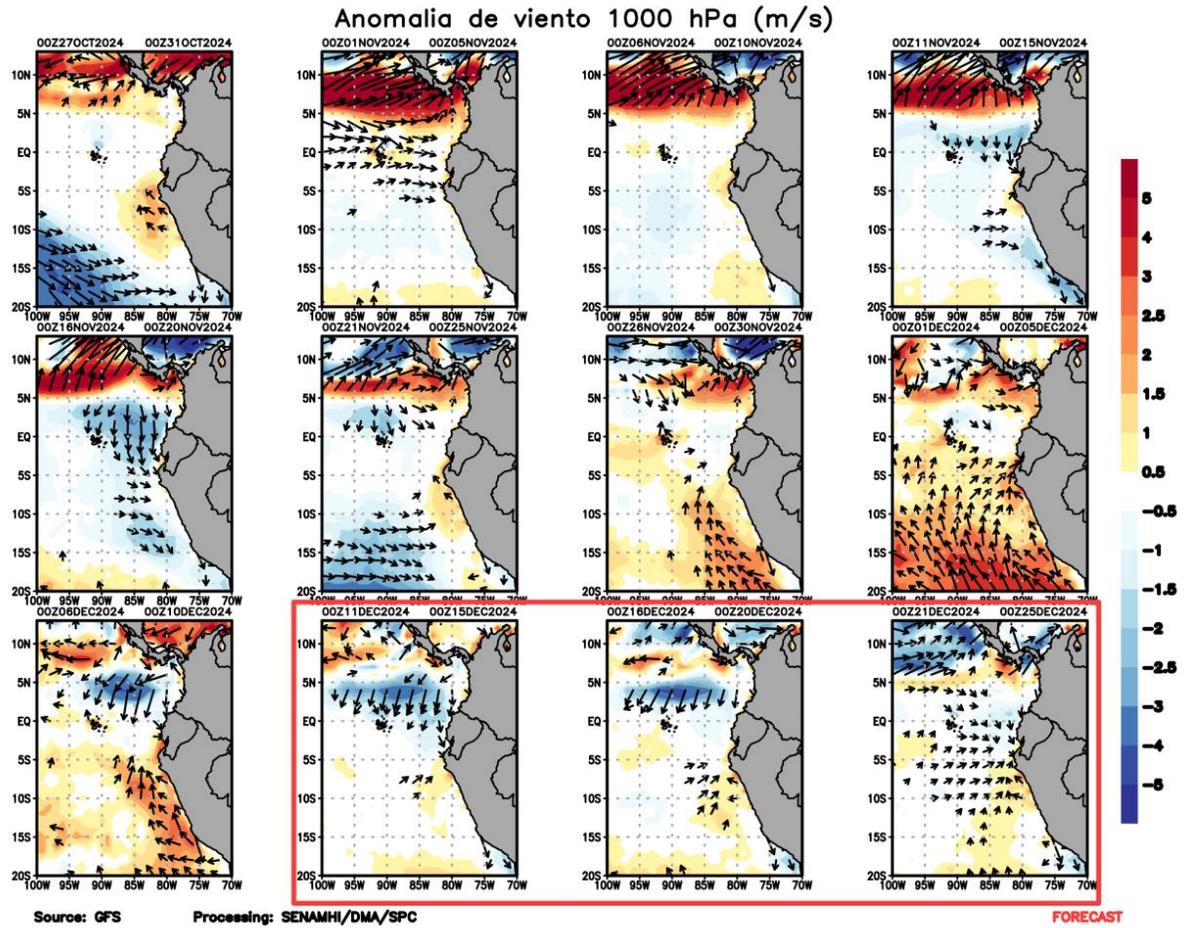


Figura 10. Anomalia pentadal del viento (m s^{-1}) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 27 de octubre al 10 de diciembre de 2024. Pronóstico: del 11 al 25 de diciembre del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

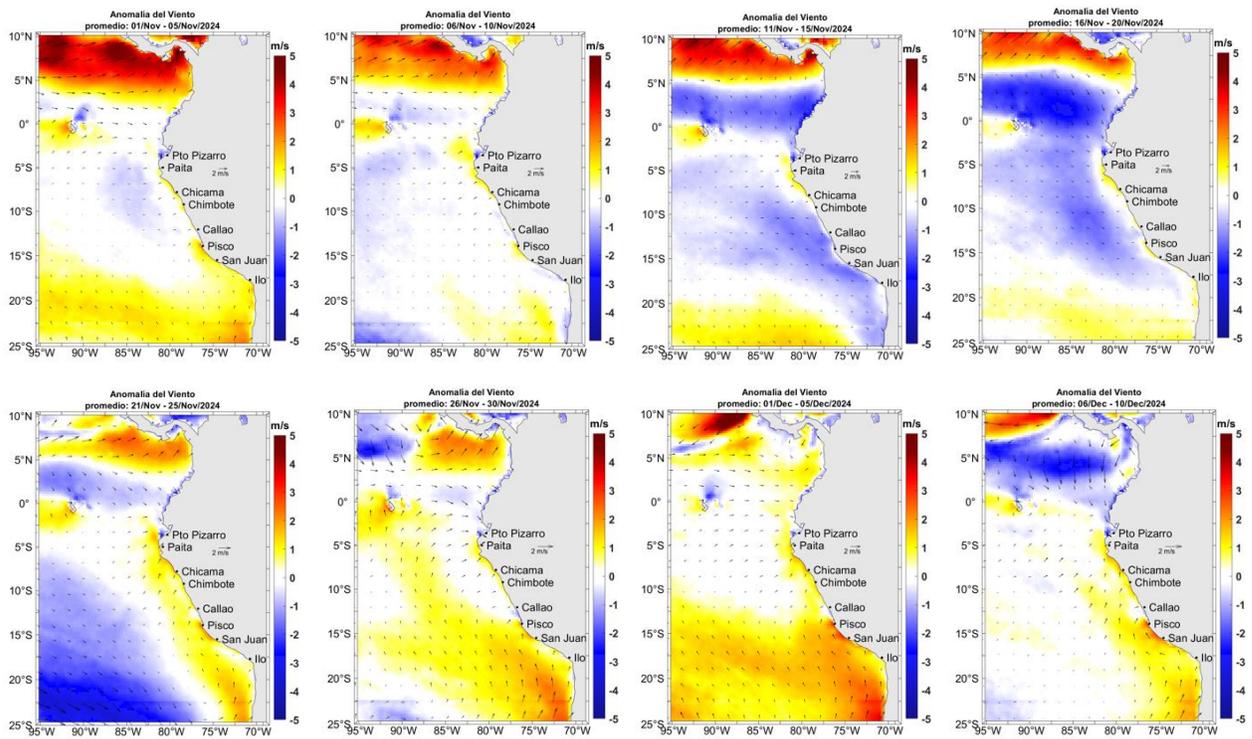
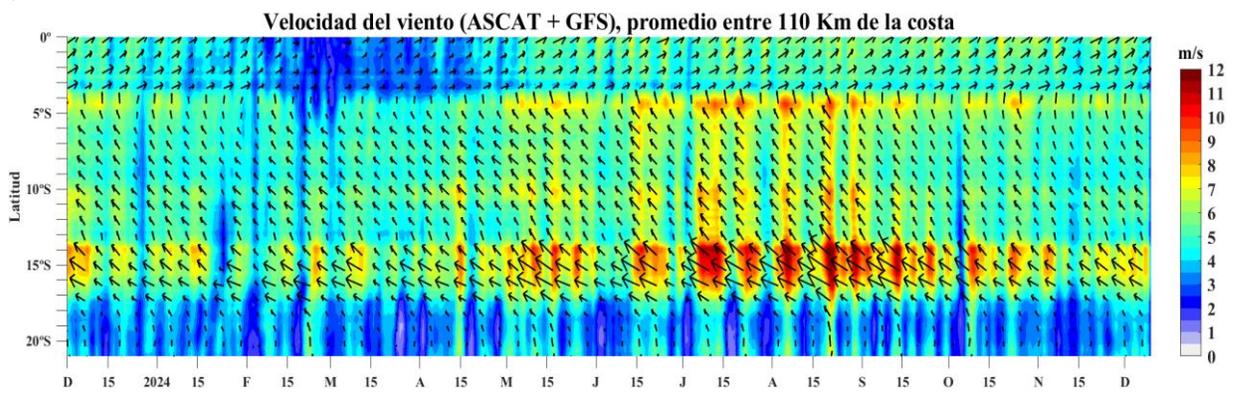


Figura 12. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de setiembre al 10 de diciembre 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina,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

a)



b)

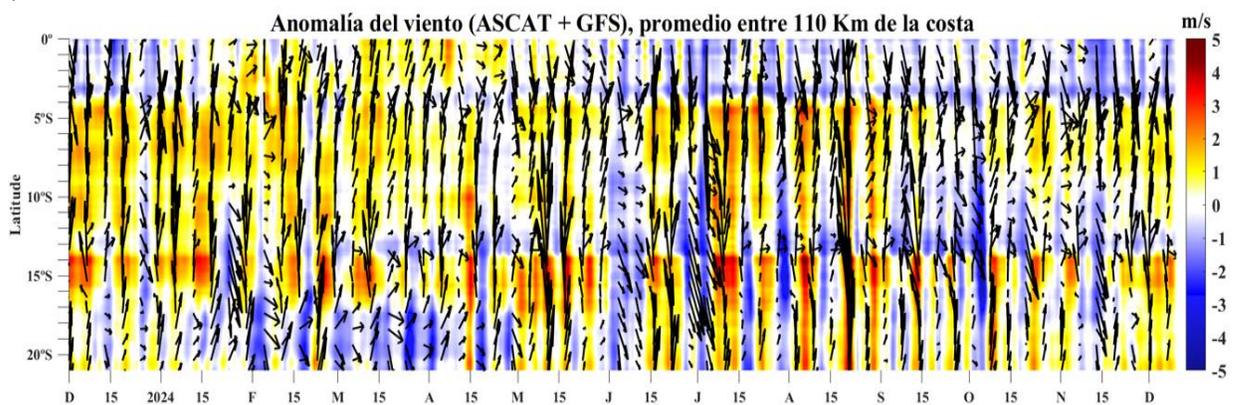


Figura 13. Viento satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 10 de diciembre.

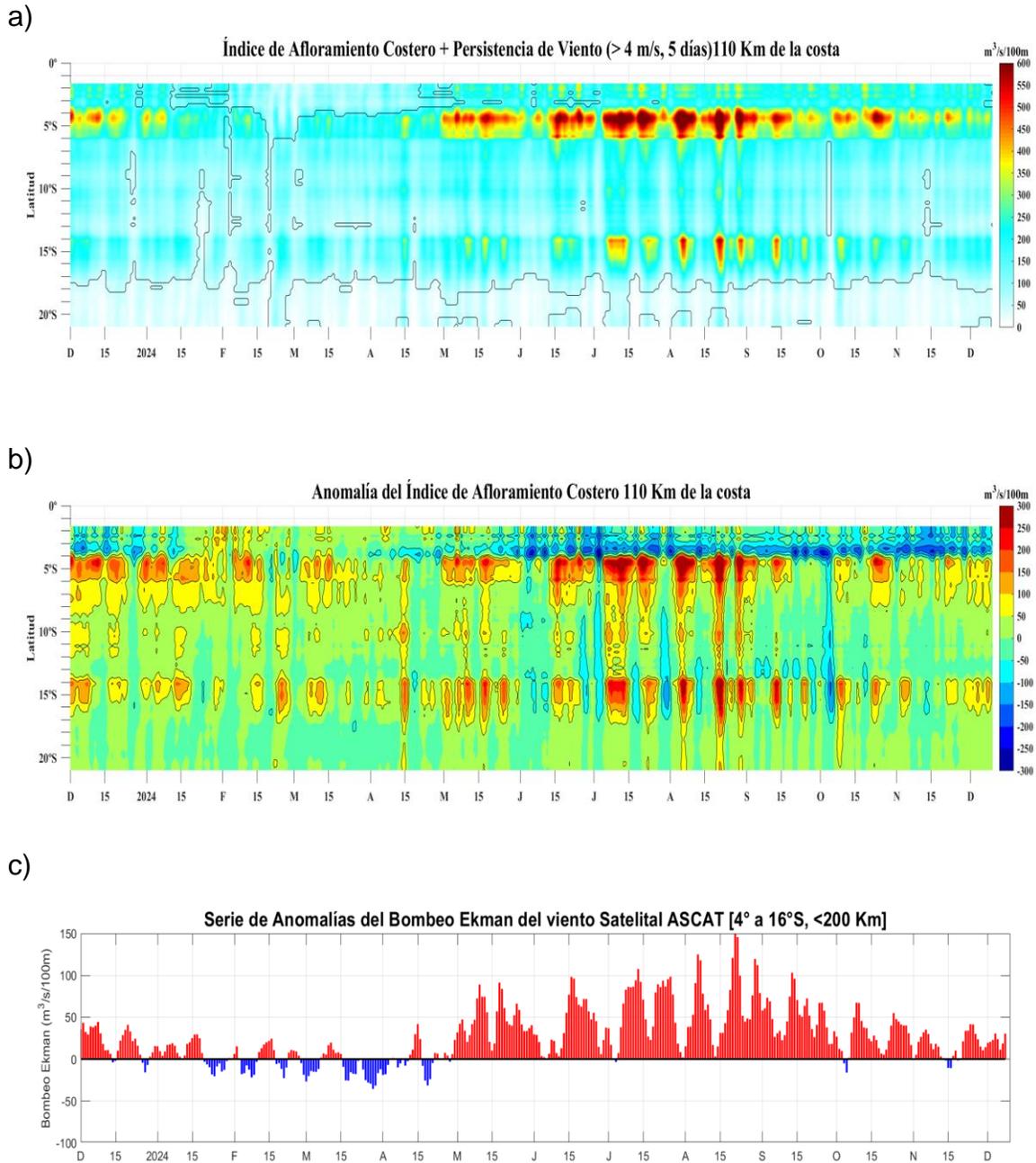


Figura 14. Índice de afloramiento costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de afloramiento costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 10 de diciembre.

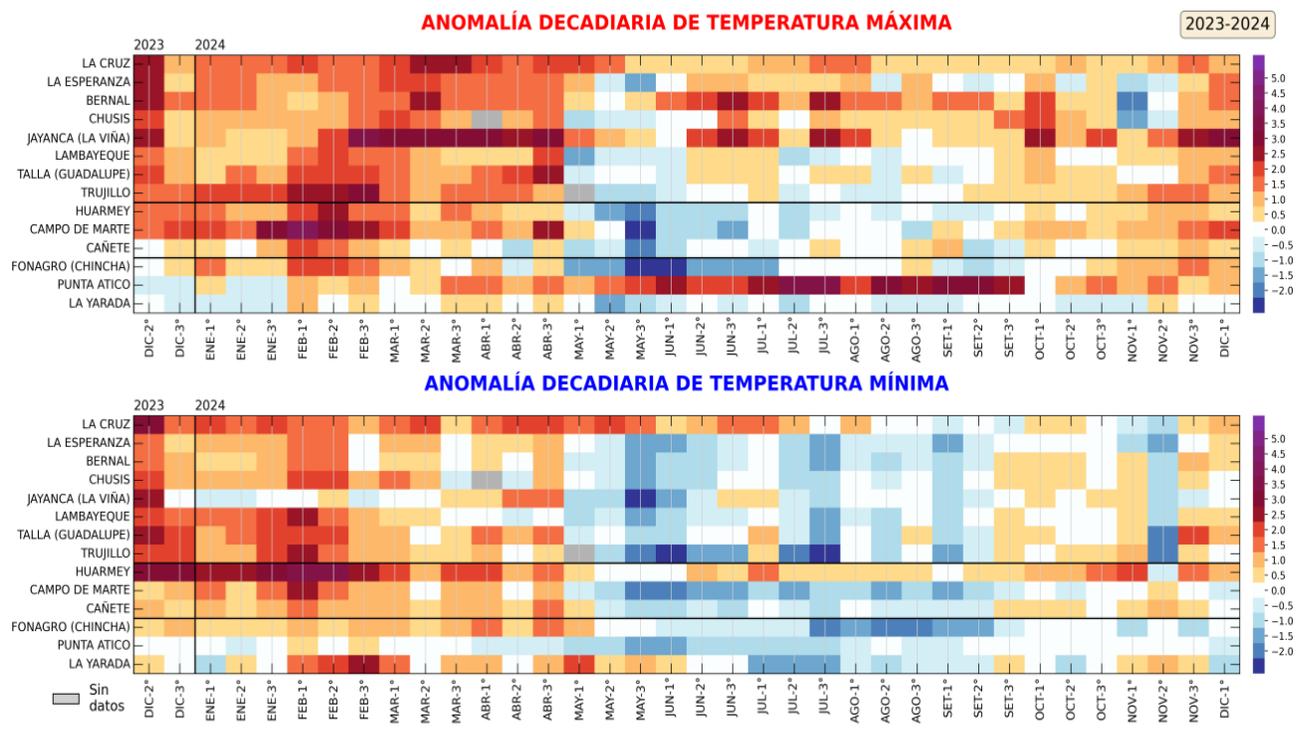


Figura 15. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

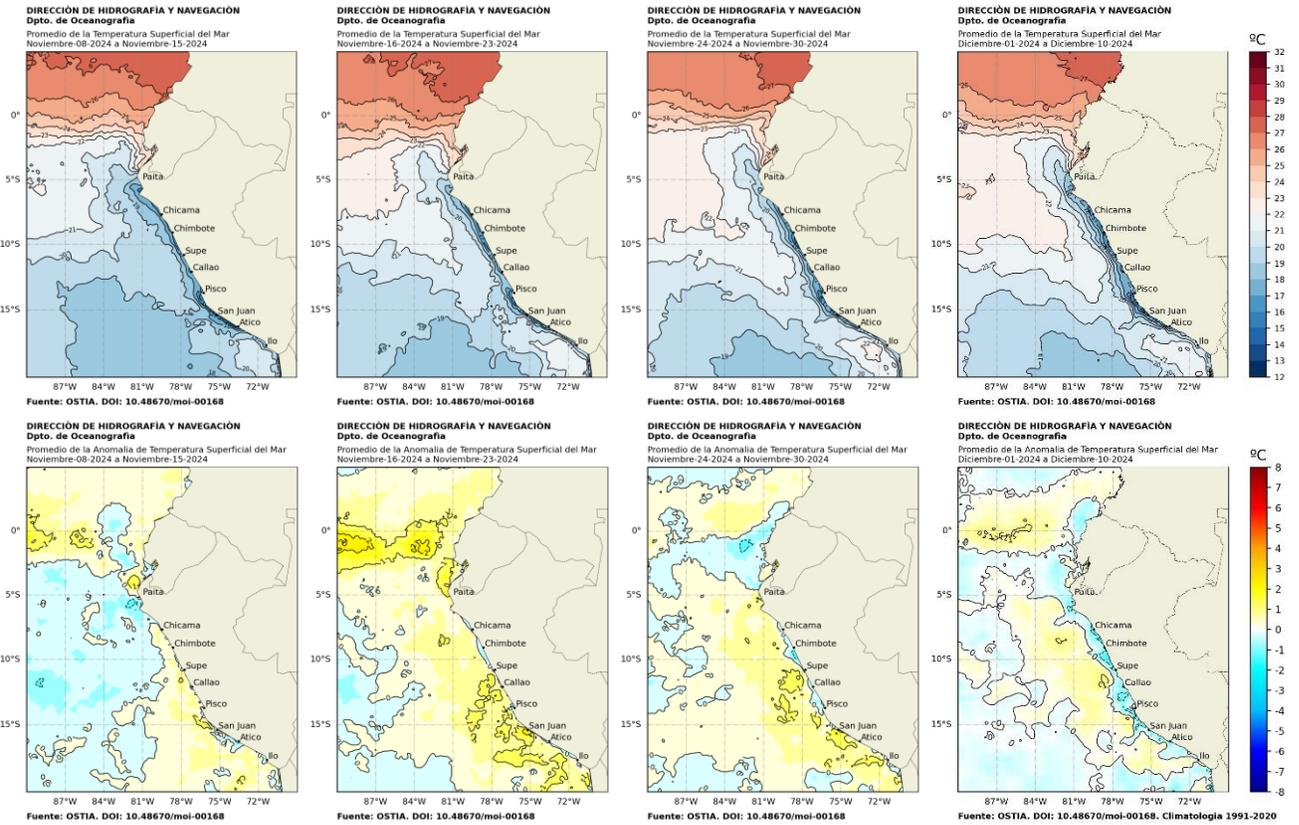


Figura 16. Distribución semanal de temperatura superficial del mar (TSM) y su anomalía, del 08 de noviembre 2024 al 10 de diciembre 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

a)



b)

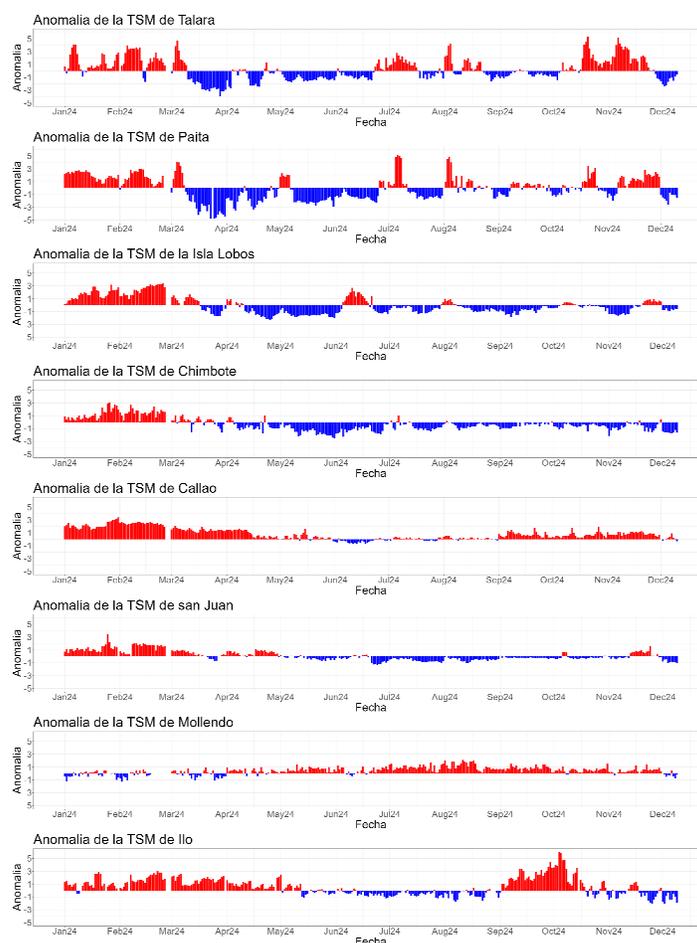


Figura 17. TSM diaria en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°-6°S a 50 mn (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 09 de diciembre 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV (a). Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 10 de diciembre 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV (b).

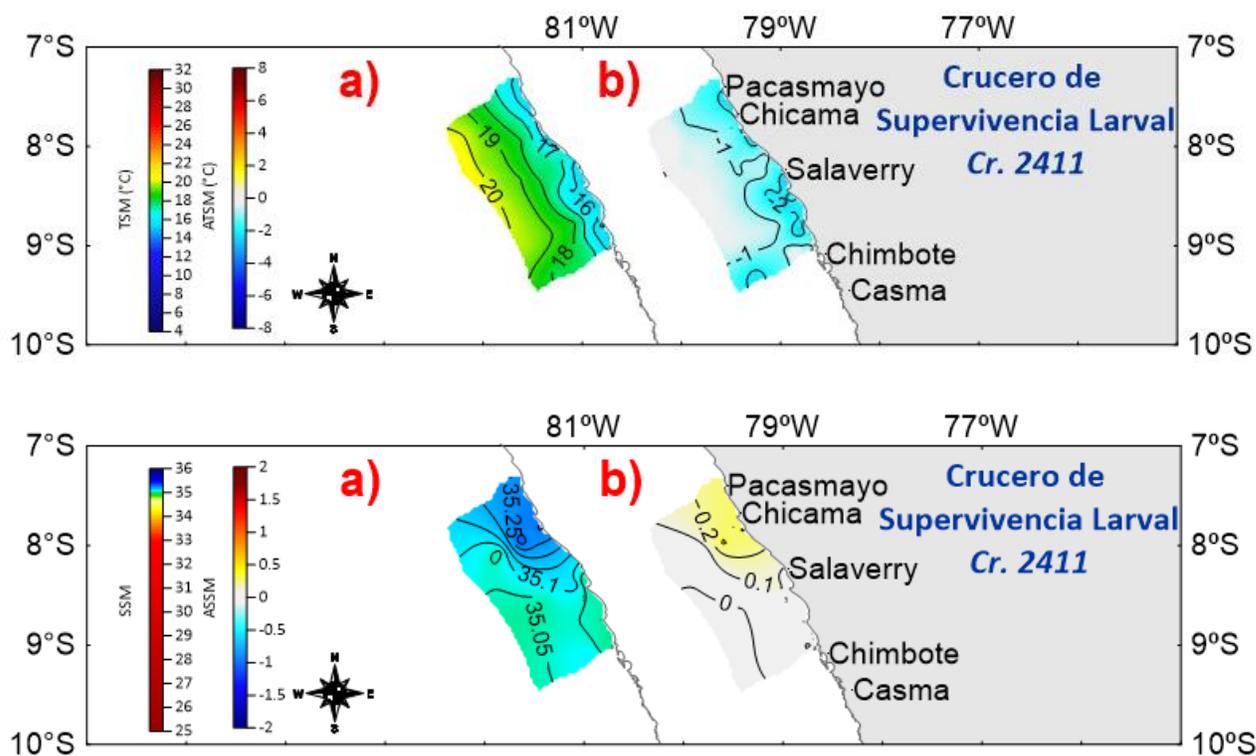
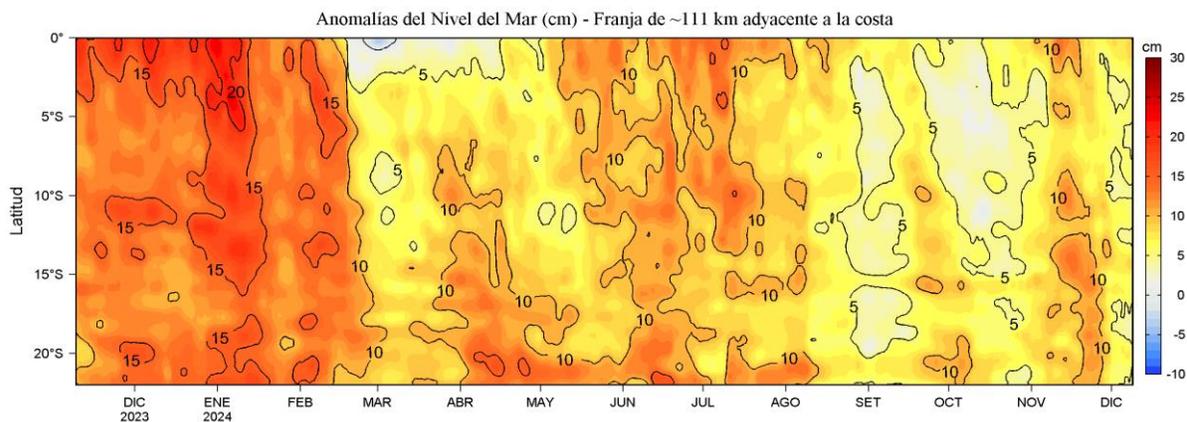


Figura 18. Distribución espacial de a) TSM y b) ATSM (superior) y a) SSM y b) ASSM (inferior), registradas durante el Crucero Supervivencia Larval Cr. 2411, periodo del 30 de noviembre al 4 de diciembre, registrado desde Chimbote hasta Pacasmayo.

a)



b)

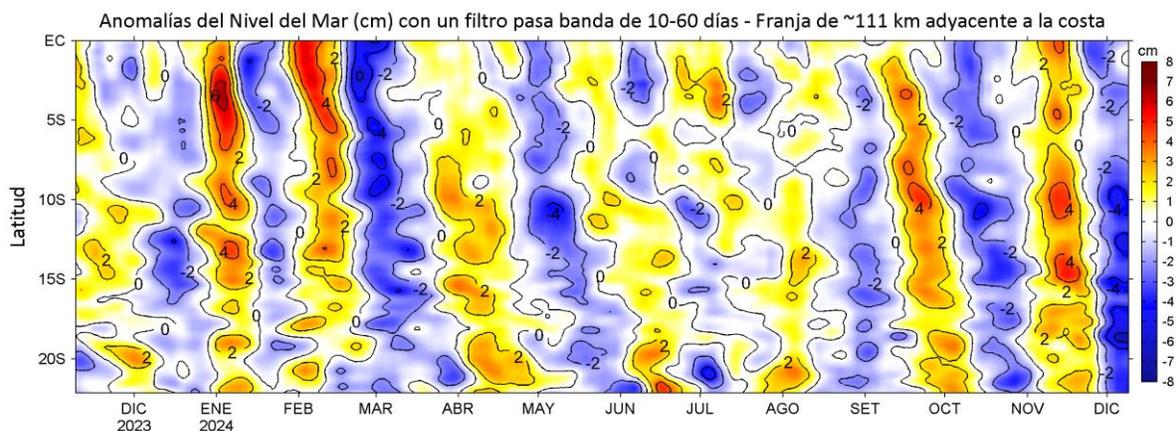


Figura 19. Evolución diaria de las a) Anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-60 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 10 de diciembre del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: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

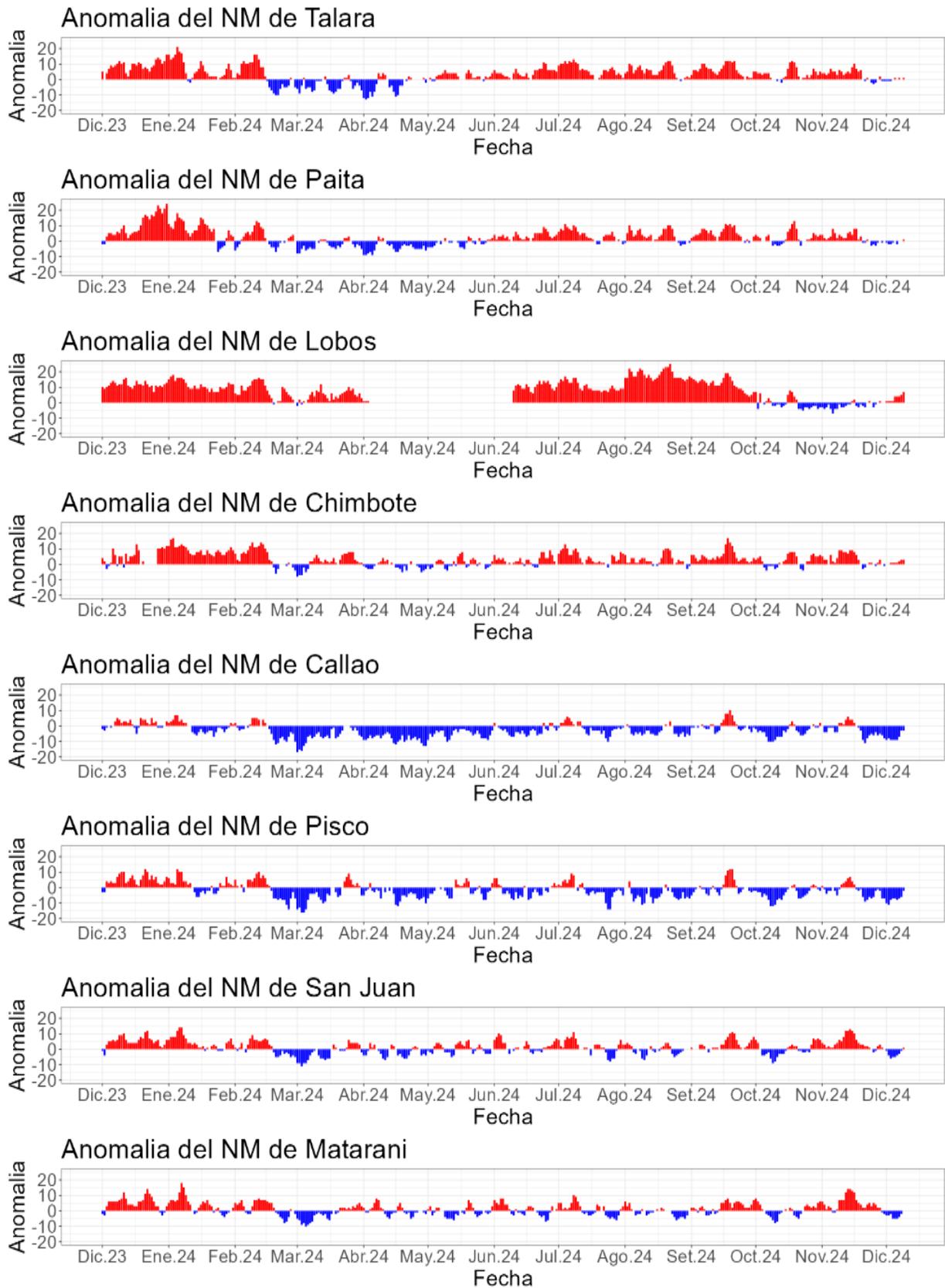
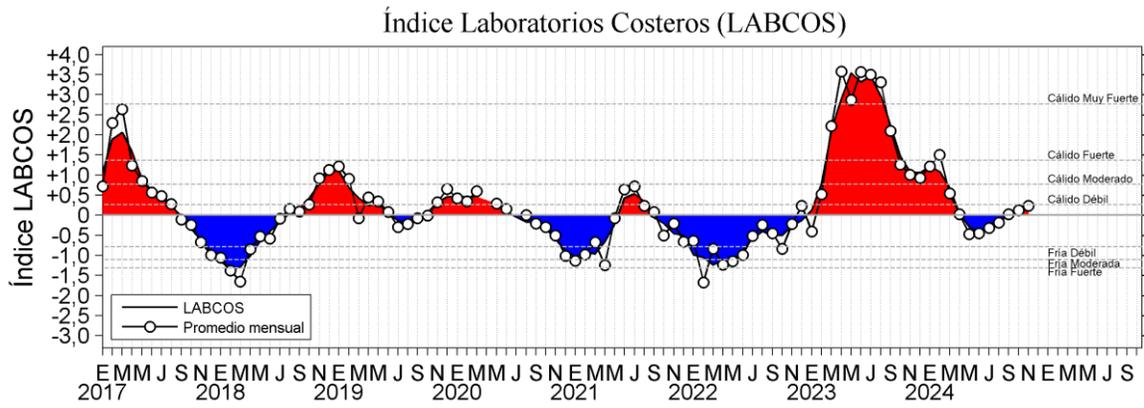


Figura 20. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de enero 2024 al 10 de diciembre 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

a)



b)

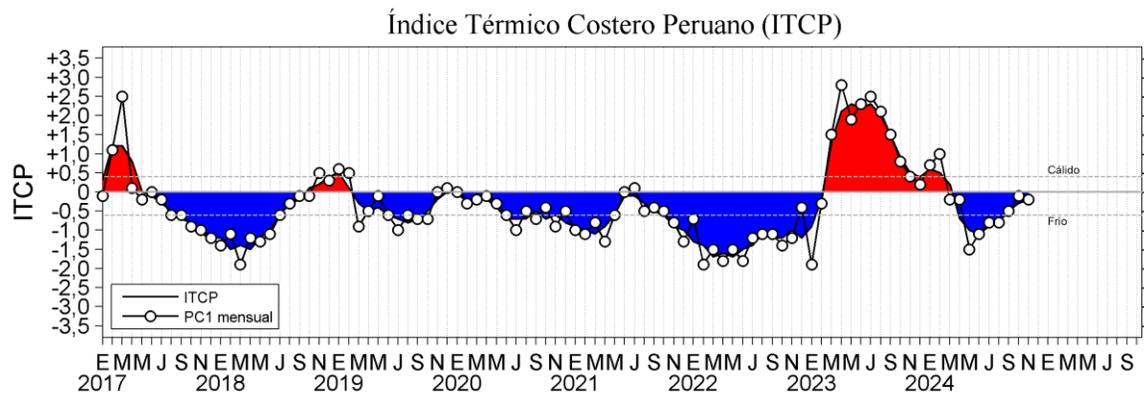
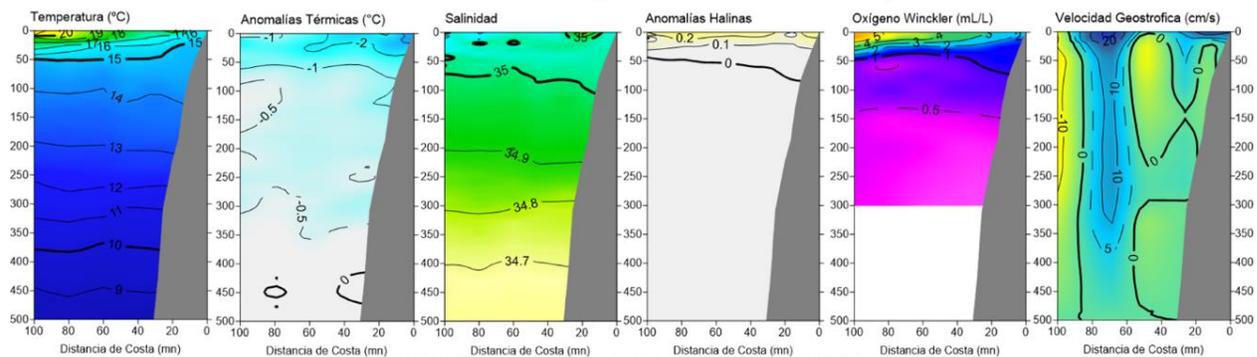


Figura 21. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2017 a noviembre 2024.

SECCIÓN PAITA (02-03 diciembre del 2024)



SECCIÓN CHICAMA (30 noviembre del 2024)

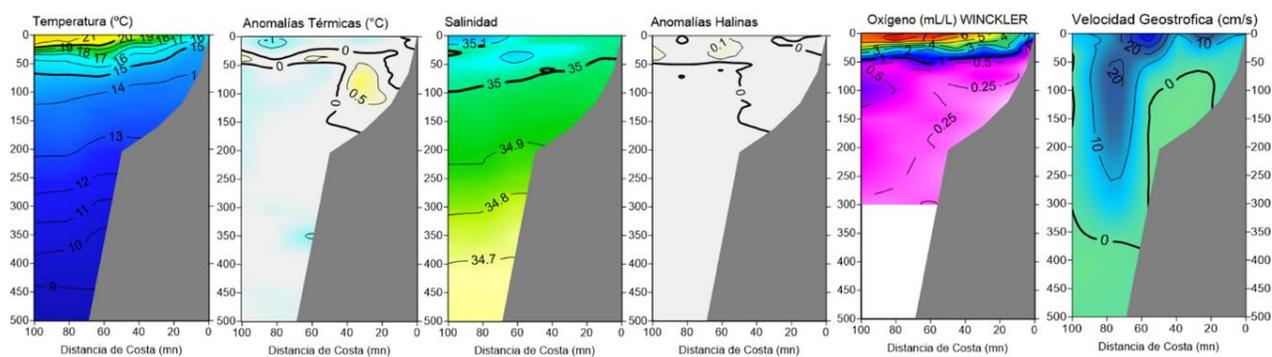
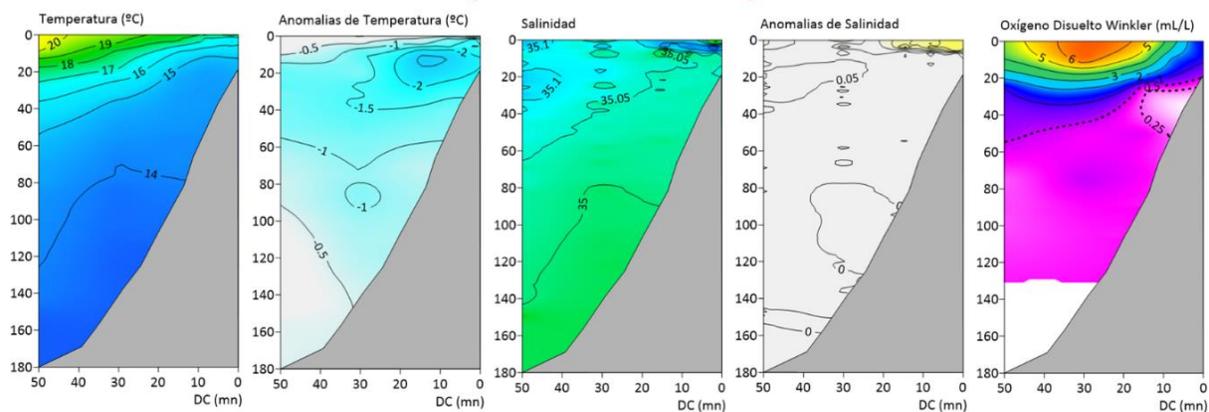
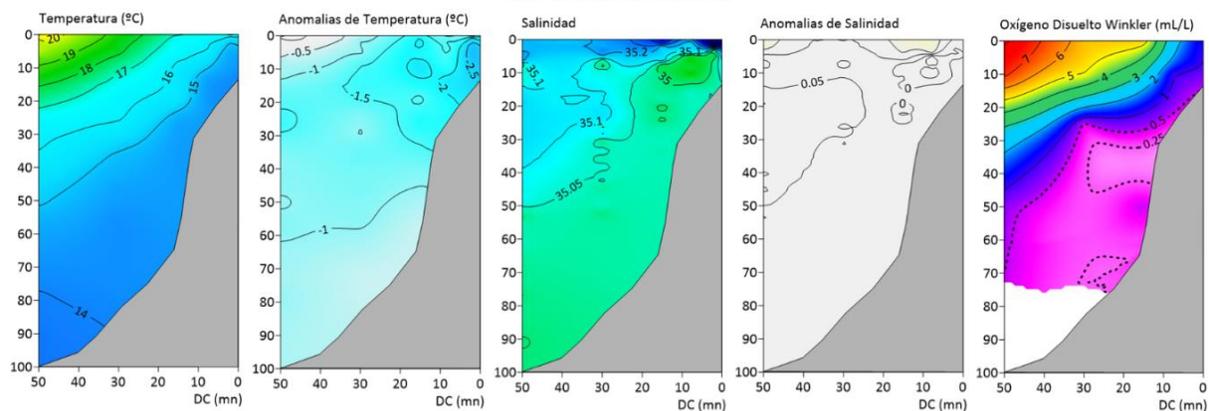


Figura 22. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 30 noviembre y 3 de diciembre de 2024. Climatología: 1991-2020.

Sección Chicama - Cr. Supervivencia Larval 2024-11 BIC FLORES
(03 de diciembre del 2024)



Sección Salaverry - Cr. Supervivencia Larval 2024-11 BIC FLORES
(02 diciembre 2024)



Sección Chimbote - Cr. Supervivencia Larval 2024-11 BIC FLORES
(30 noviembre - 01 diciembre 2024)

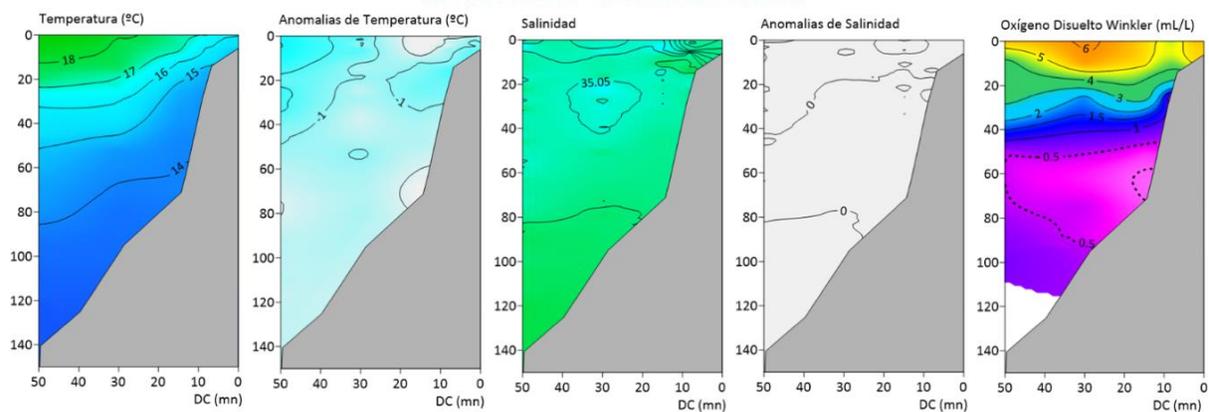


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Chicama, Salaverry y Chimbote dentro de las 50 mn, entre el 30 de noviembre y 03 de diciembre de 2024. Climatología: 1991-2020.

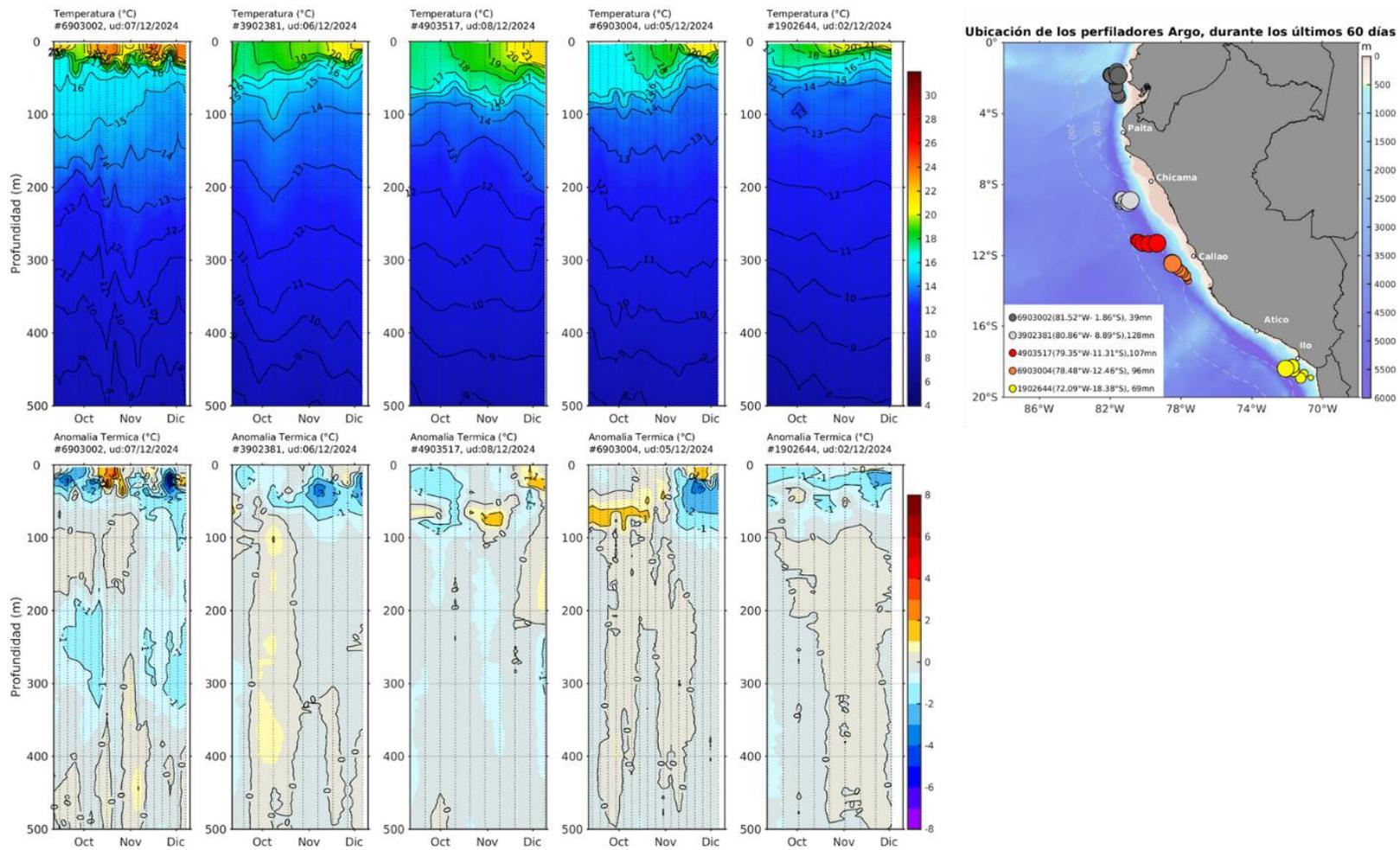


Figura 24. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (septiembre 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

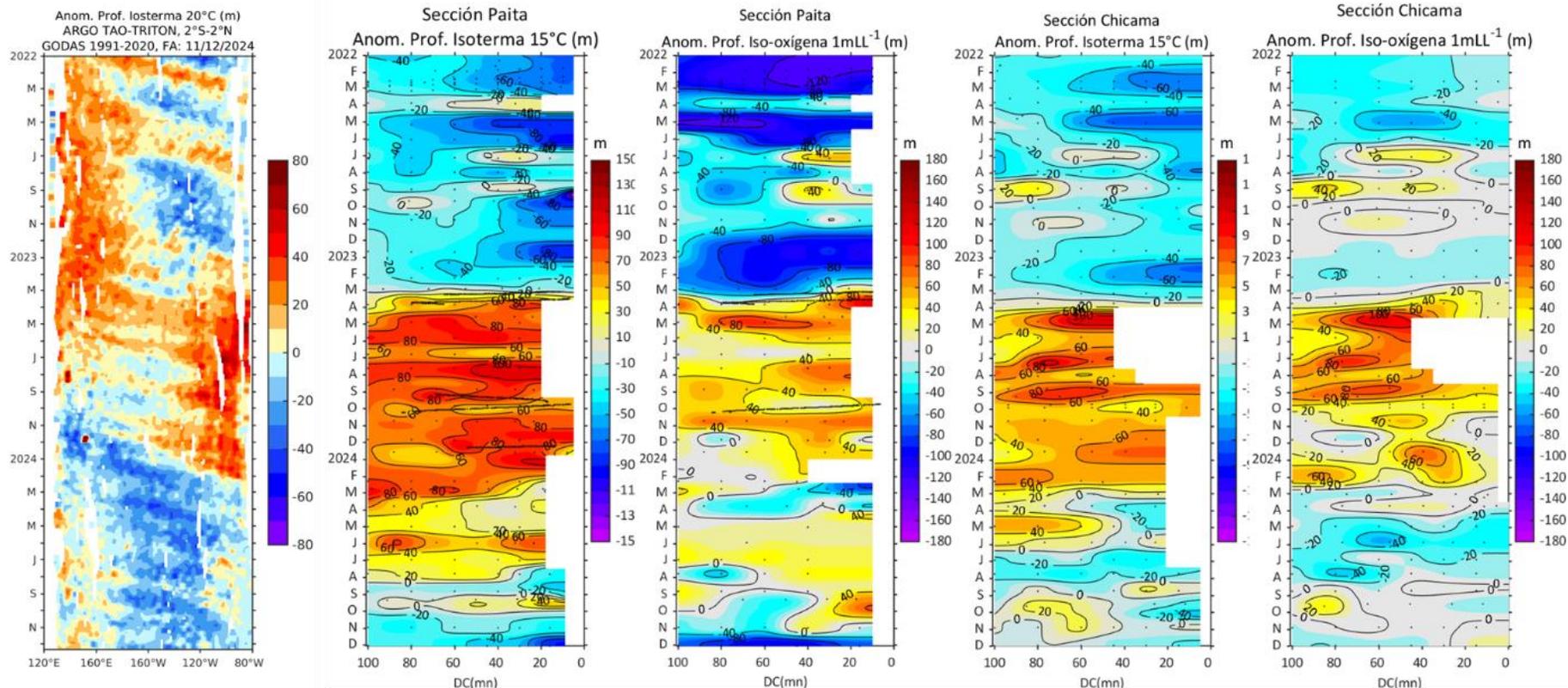


Figura 25. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina.

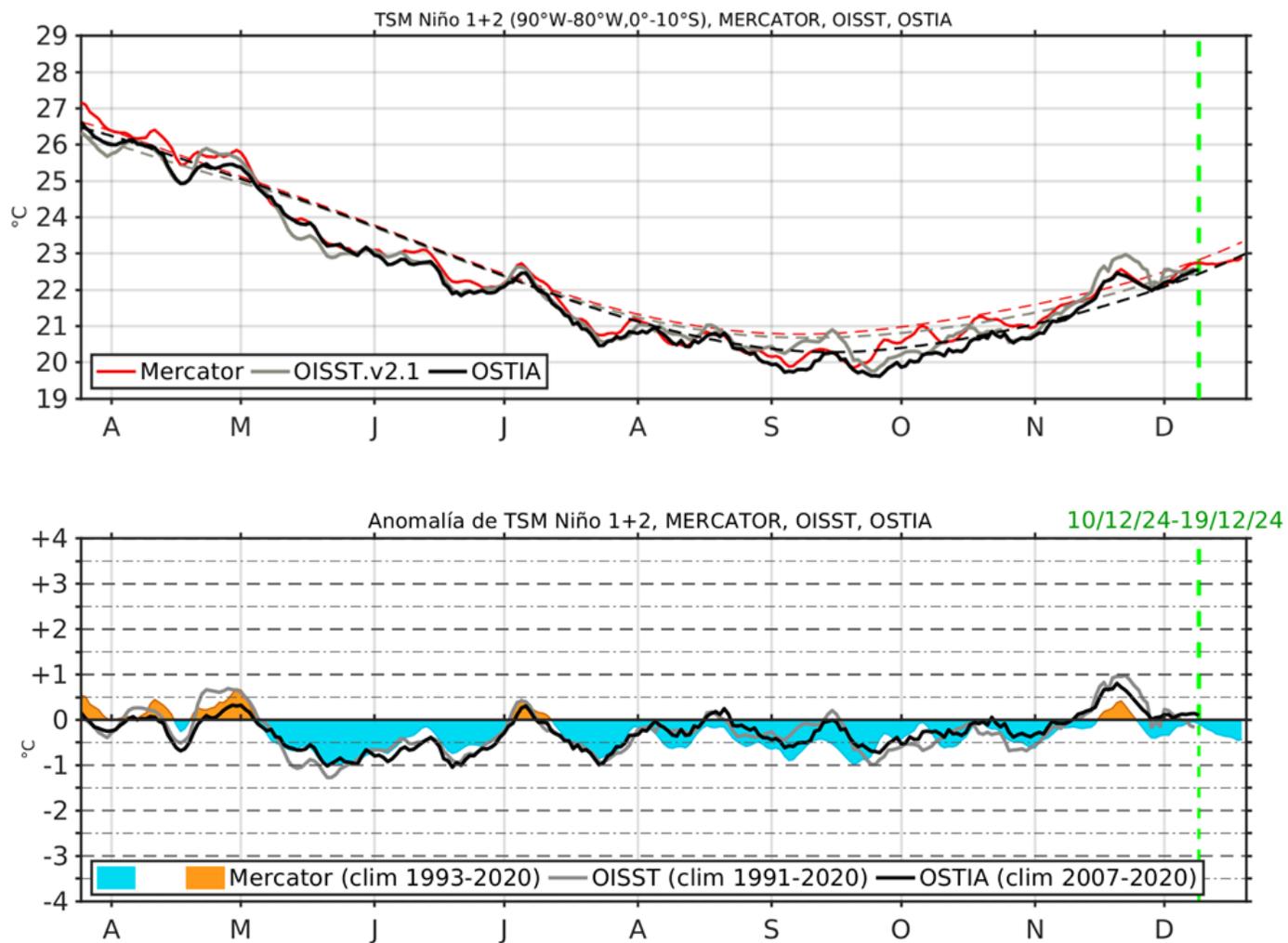


Figura 26. Temperatura superficial del Mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercator (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

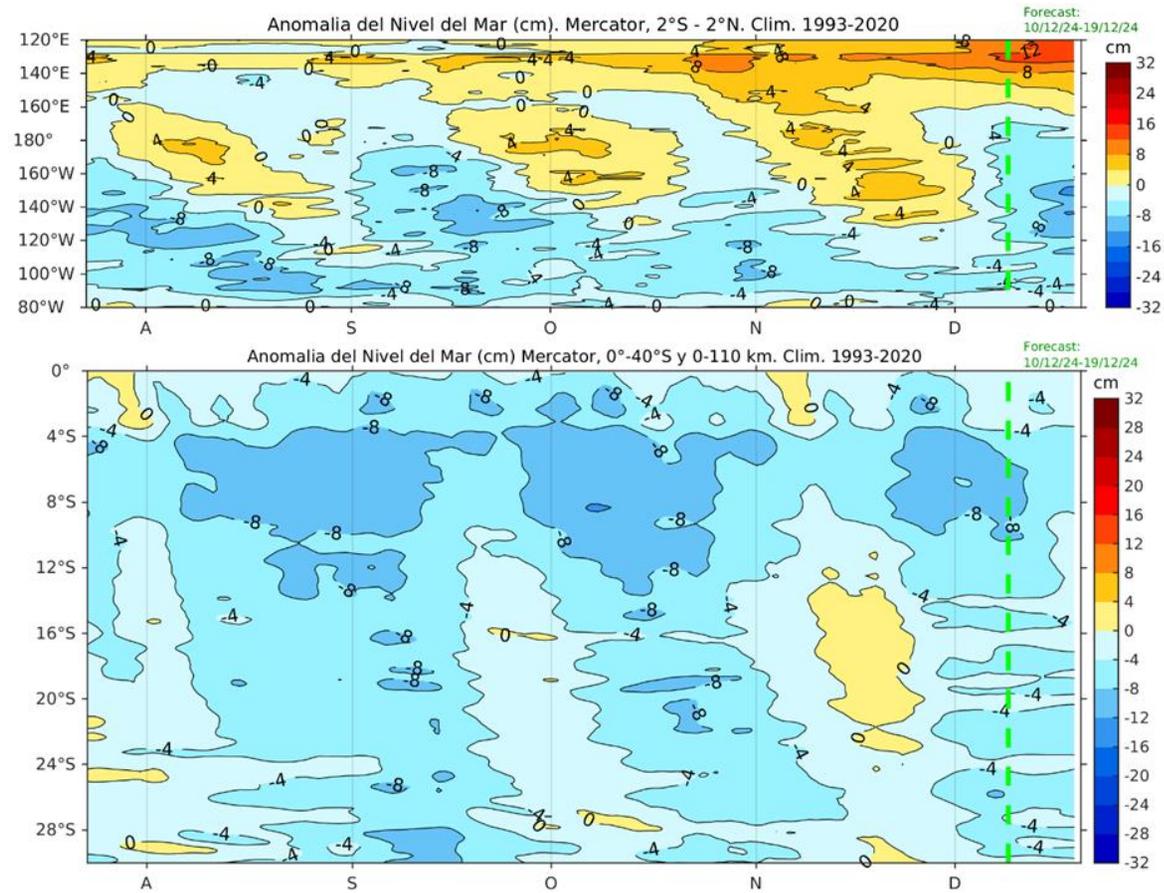


Figura 27. Anomalia de Nivel del Mar en el Pacifico Ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0°-40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

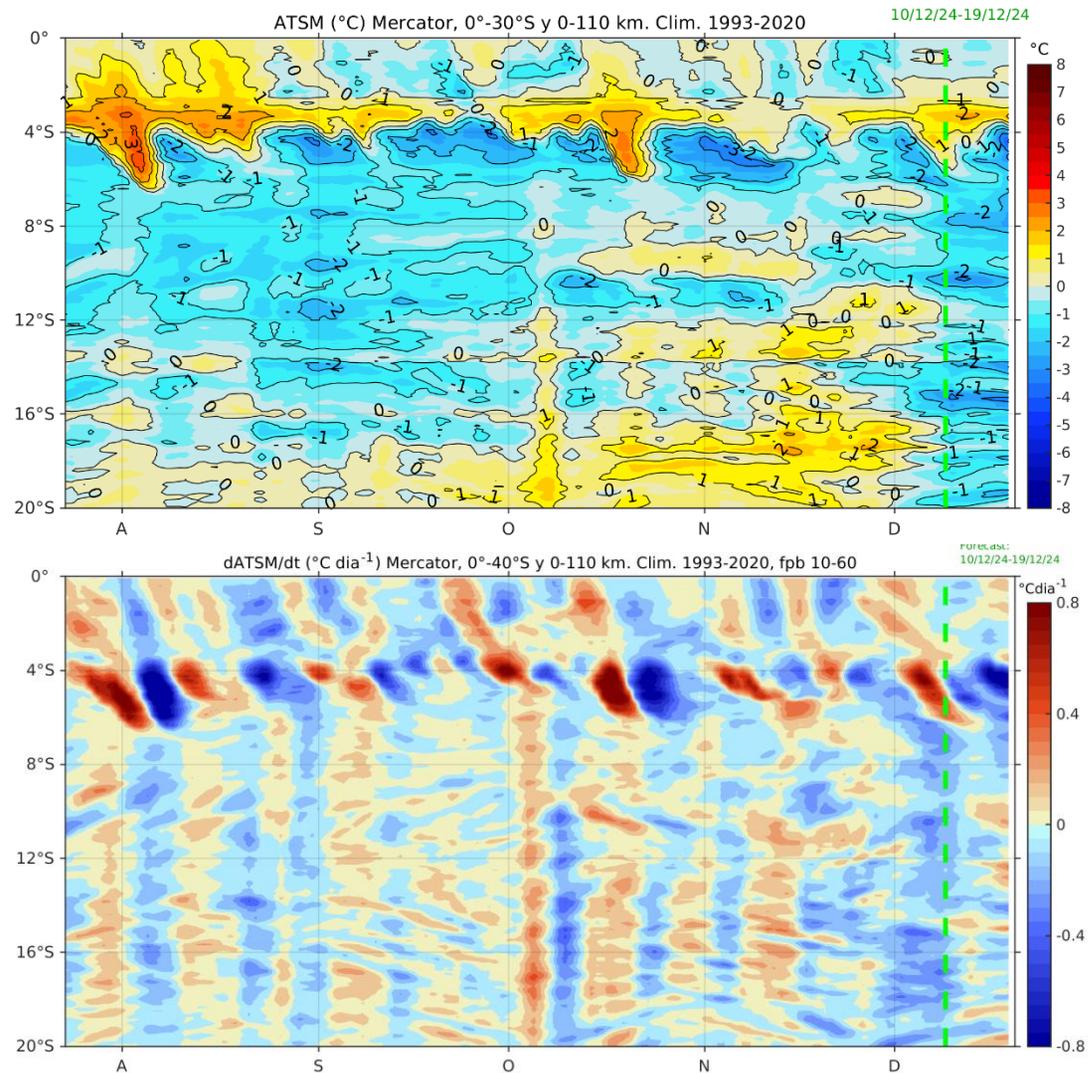
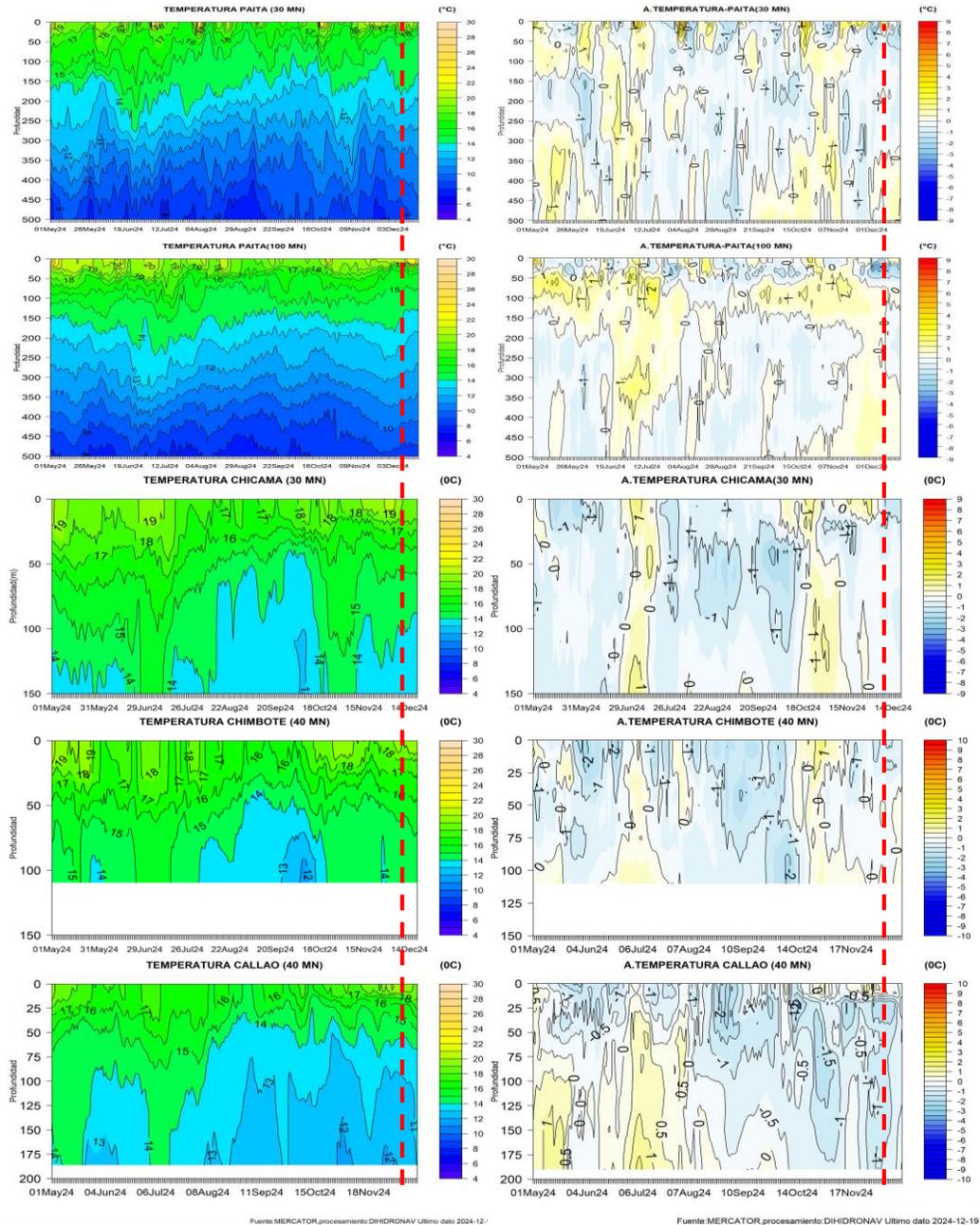


Figura 28. Anomalía de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.



Fuente: MERCATOR, procesamiento: DIHIDRONAV. Ultimo dato 2024-12-19

Fuente: MERCATOR, procesamiento: DIHIDRONAV. Ultimo dato 2024-12-19

Figura 29. Pronóstico de temperatura sub-superficial 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.

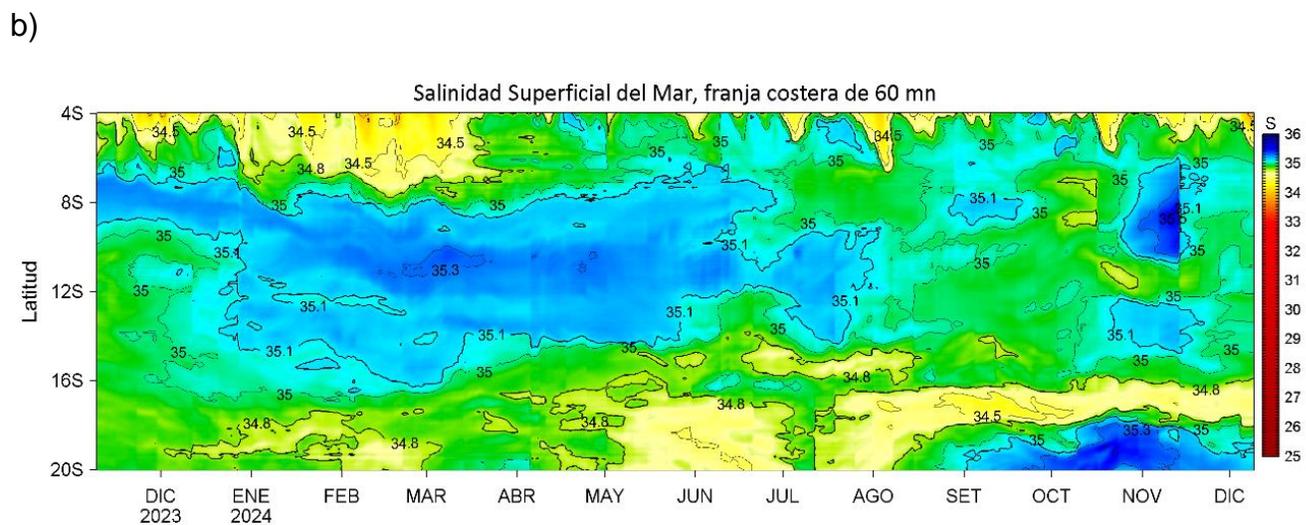
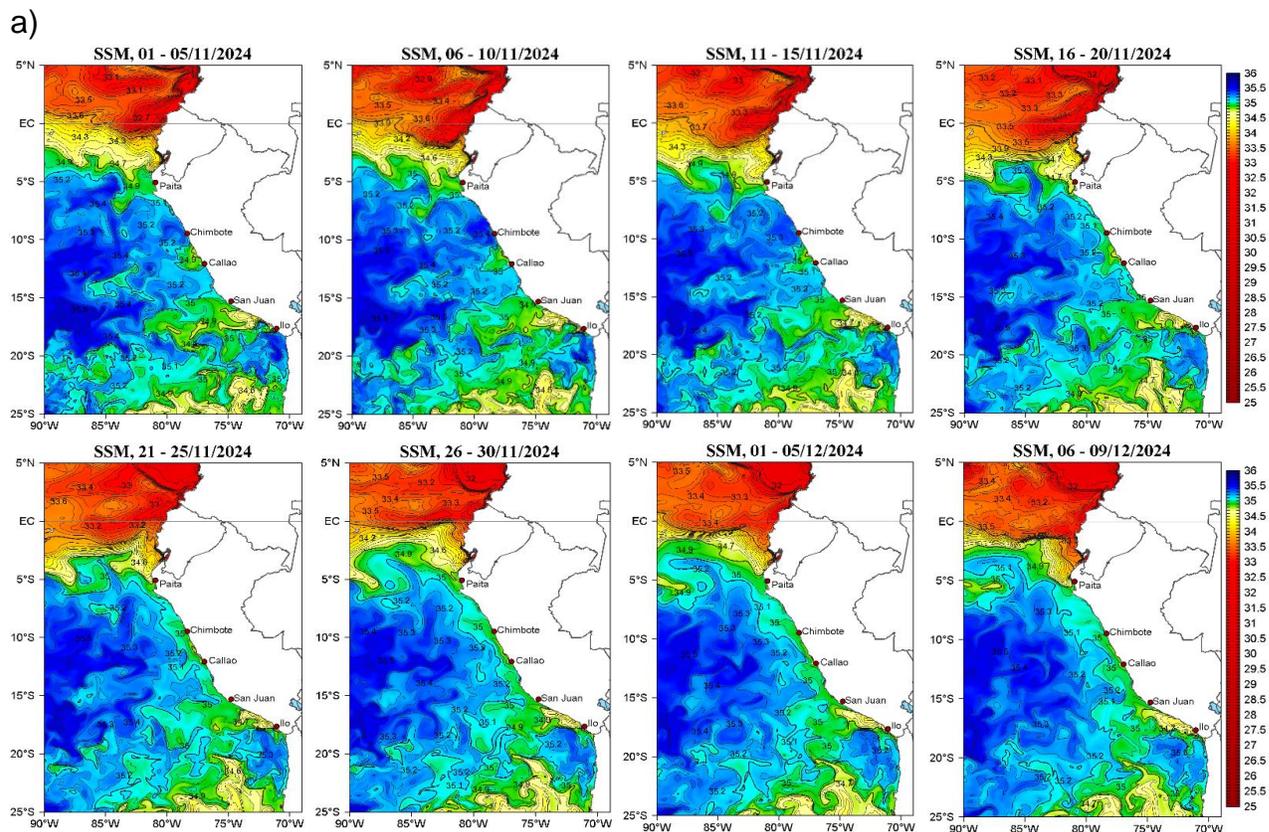


Figura 30. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 07 de octubre y 11 de noviembre 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 09 de diciembre 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

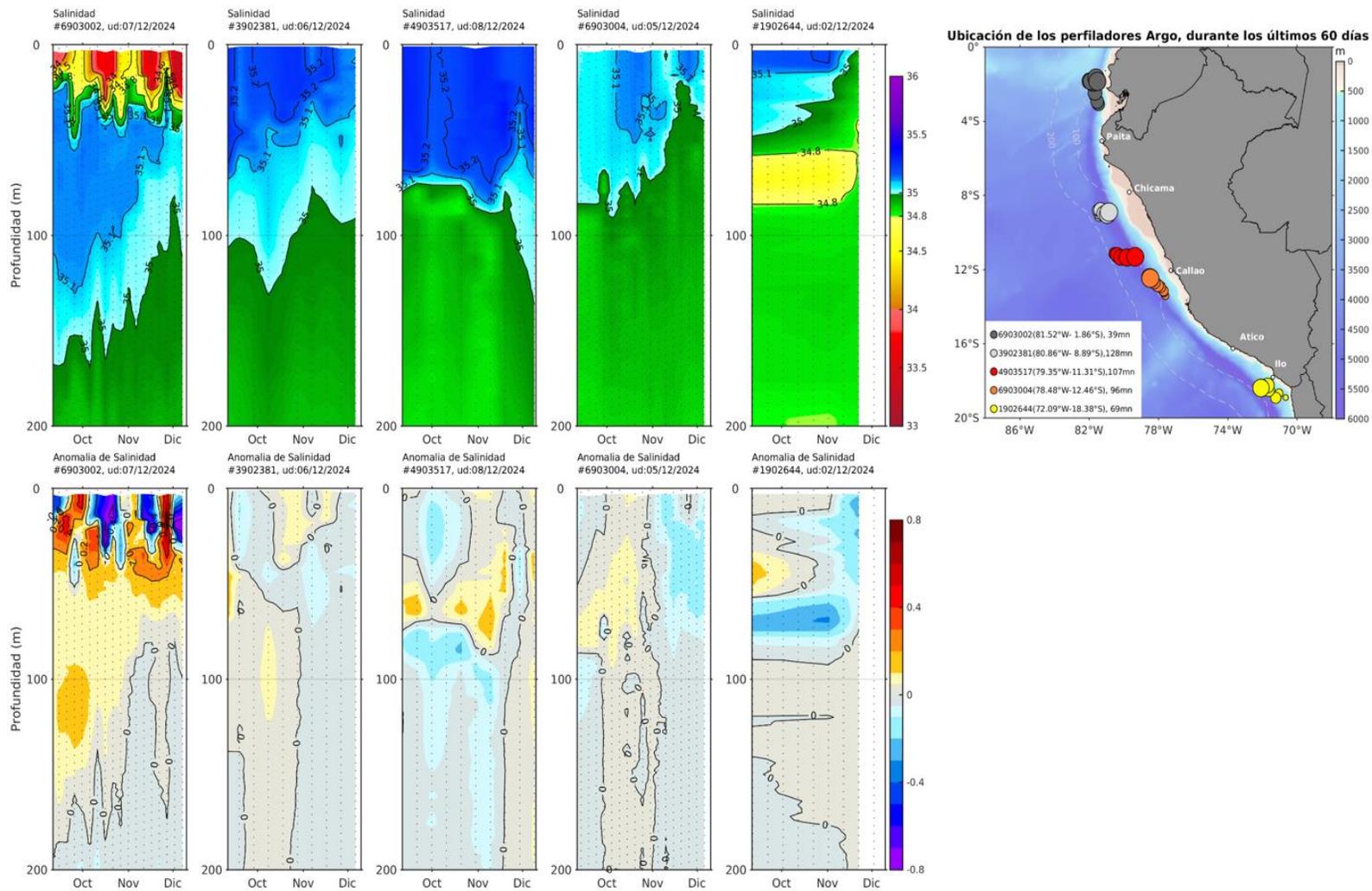
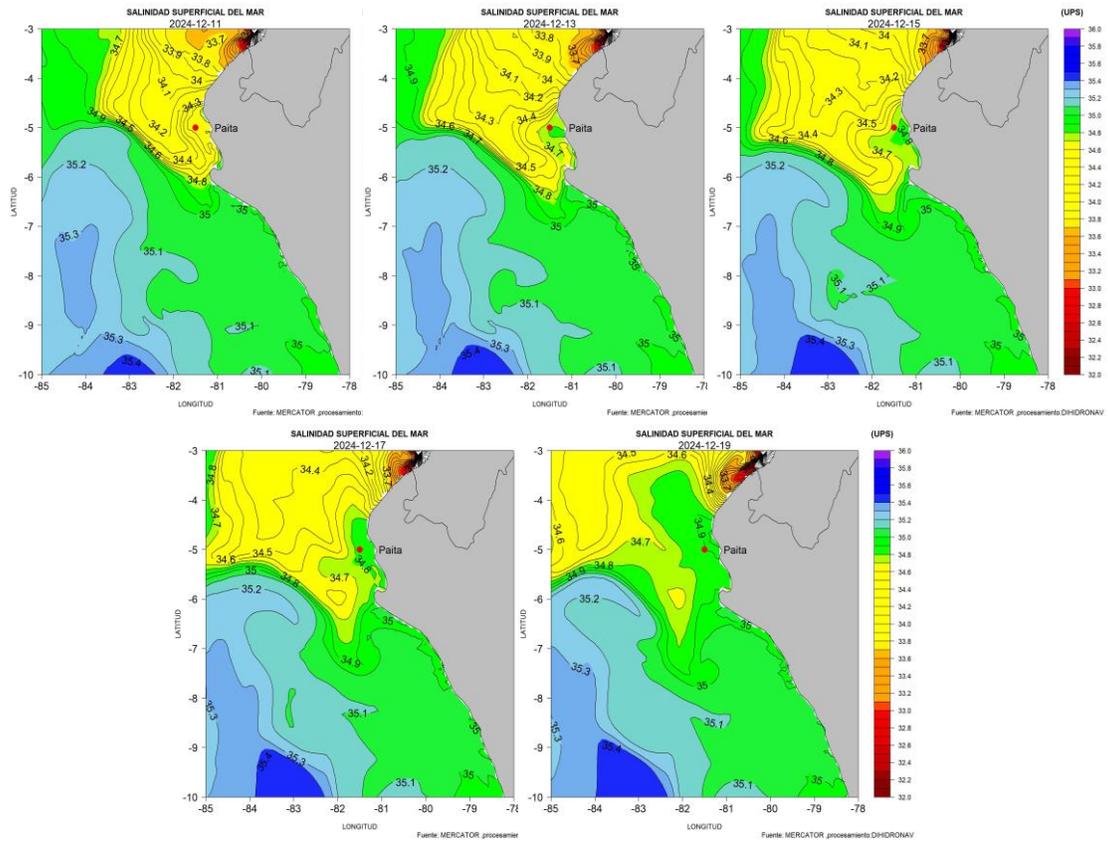


Figura 31. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: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

a)



b)

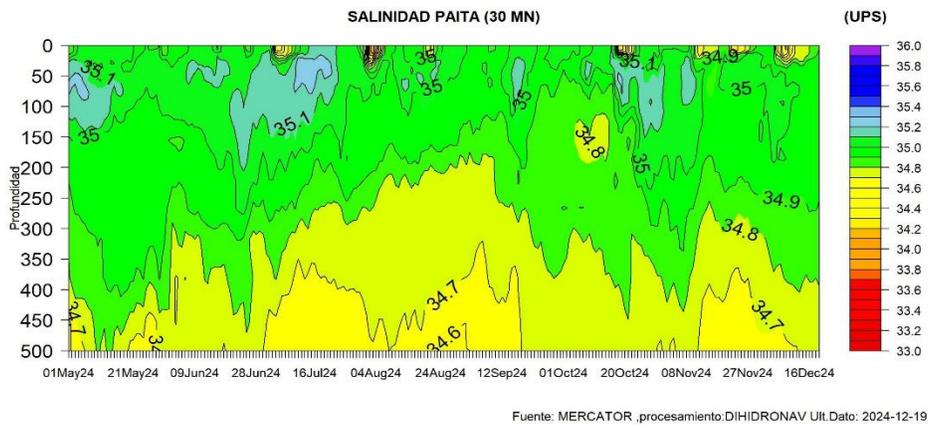


Figura 32. Pronóstico de salinidad del mar a) superficial frente a la costa norte y centro y b) sub-superficial hasta los 500 m de profundidad frente Paita (30 mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

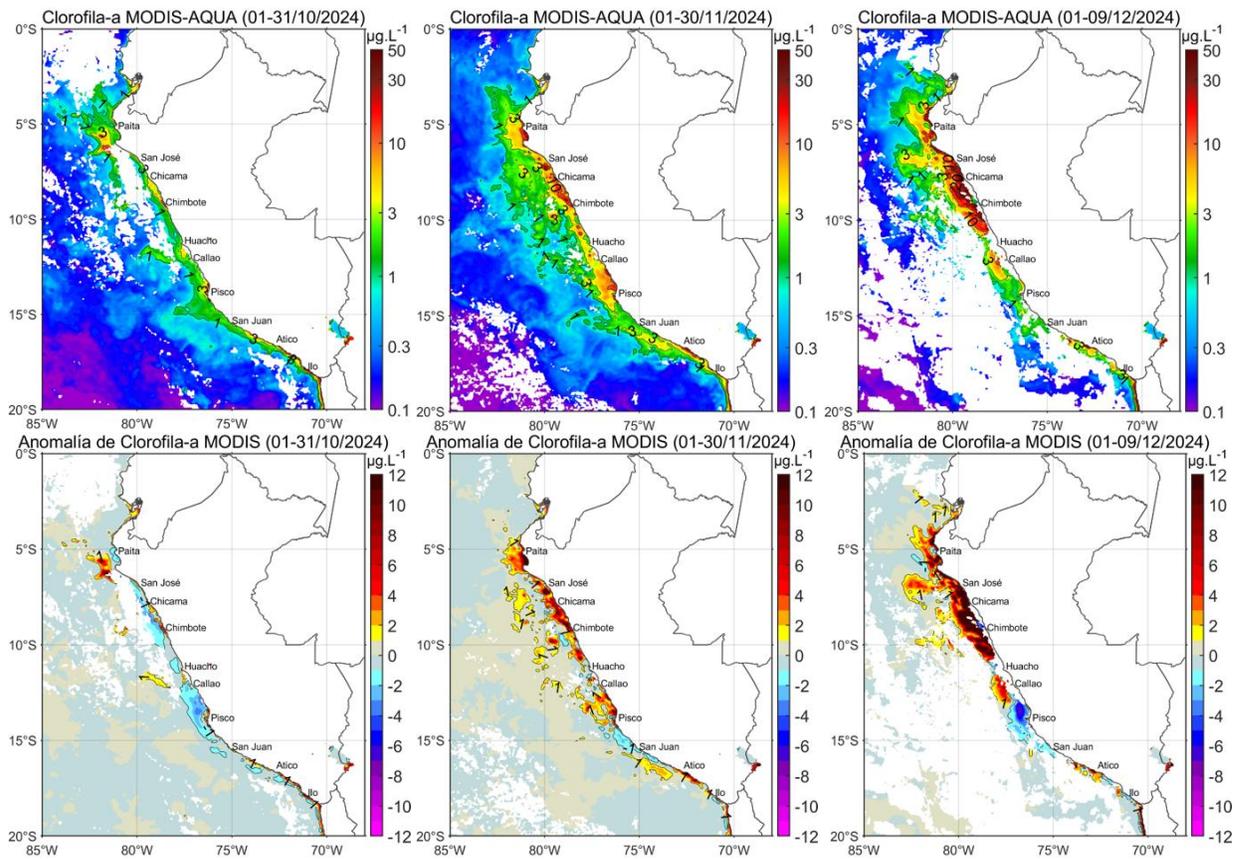


Figura 33. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante setiembre, octubre y del 1 al 9 diciembre de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

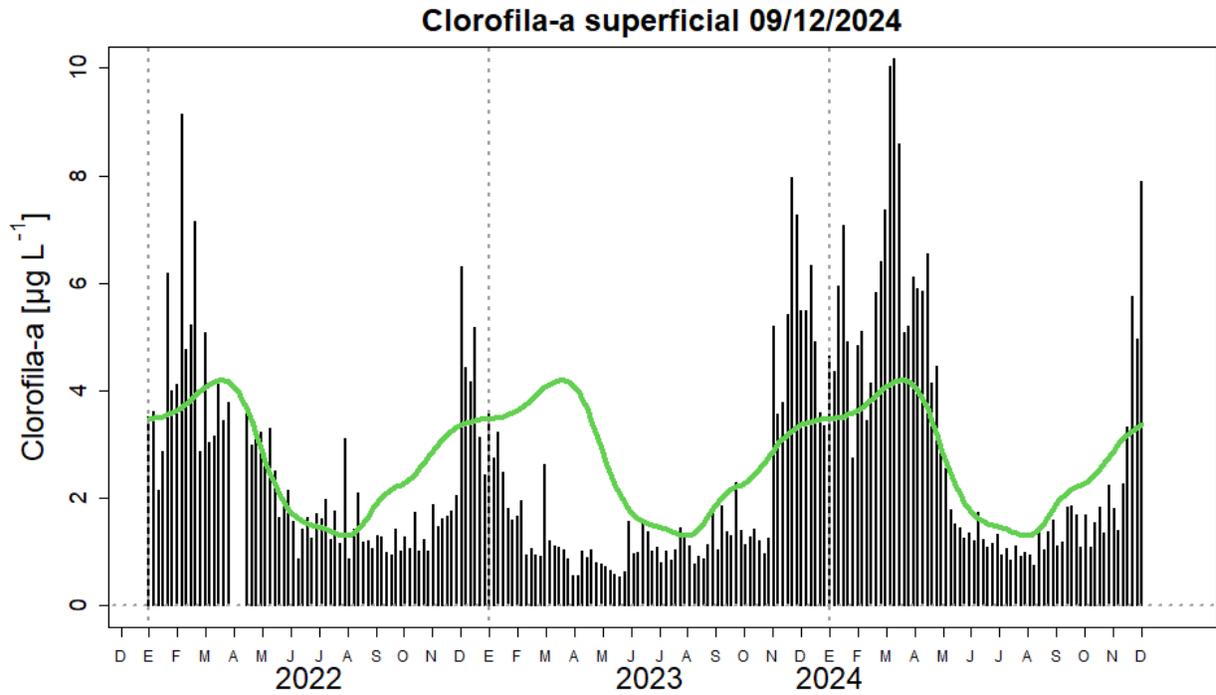


Figura 34. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre $4^{\circ}\text{S} - 16^{\circ}\text{S}$ y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

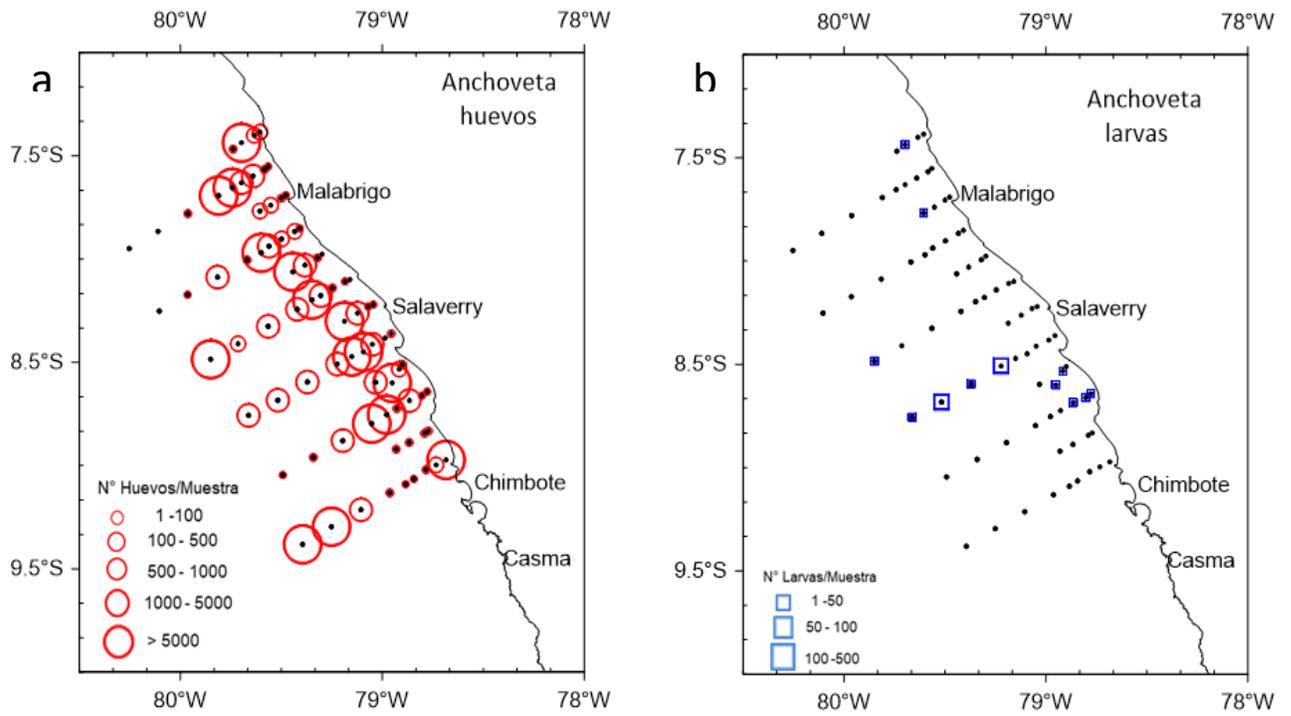


Figura 35. Distribución y abundancias de los a) huevos y b) larvas de anchoveta en la zona Chicama – Chimbote. Estudios de los primeros estados de vida la anchoveta 2411-12. BIC Flores.

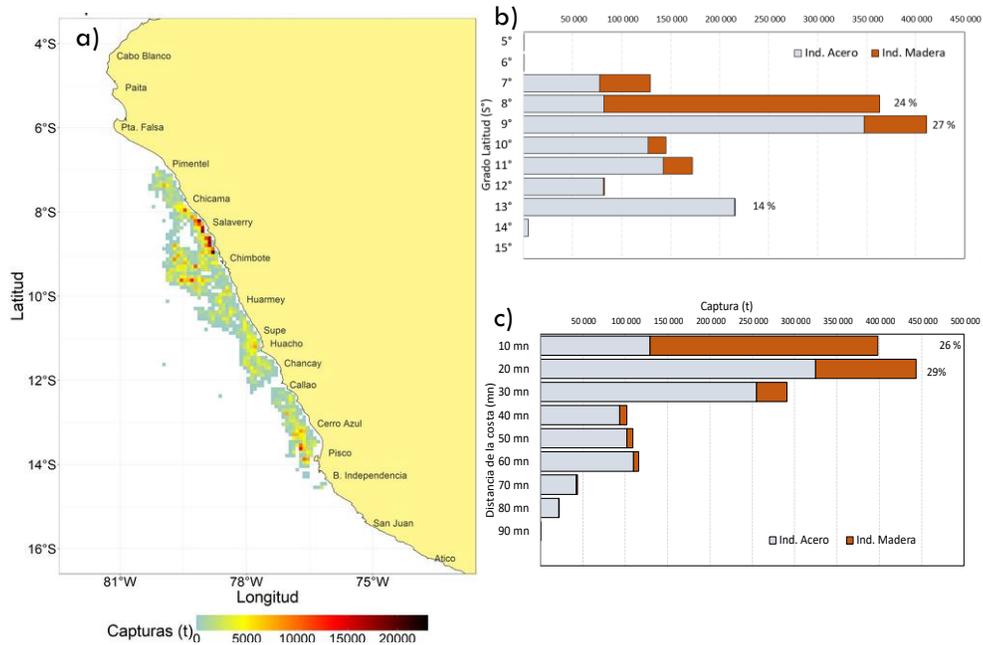


Figura 36. a) Distribución espacial de la anchoveta, b) capturas de anchoveta (t) según grado de latitud y c) capturas de anchoveta según distancia de la costa (mn) de la flota de cerco industrial, durante la segunda temporada de pesca de la región norte-centro 2024.

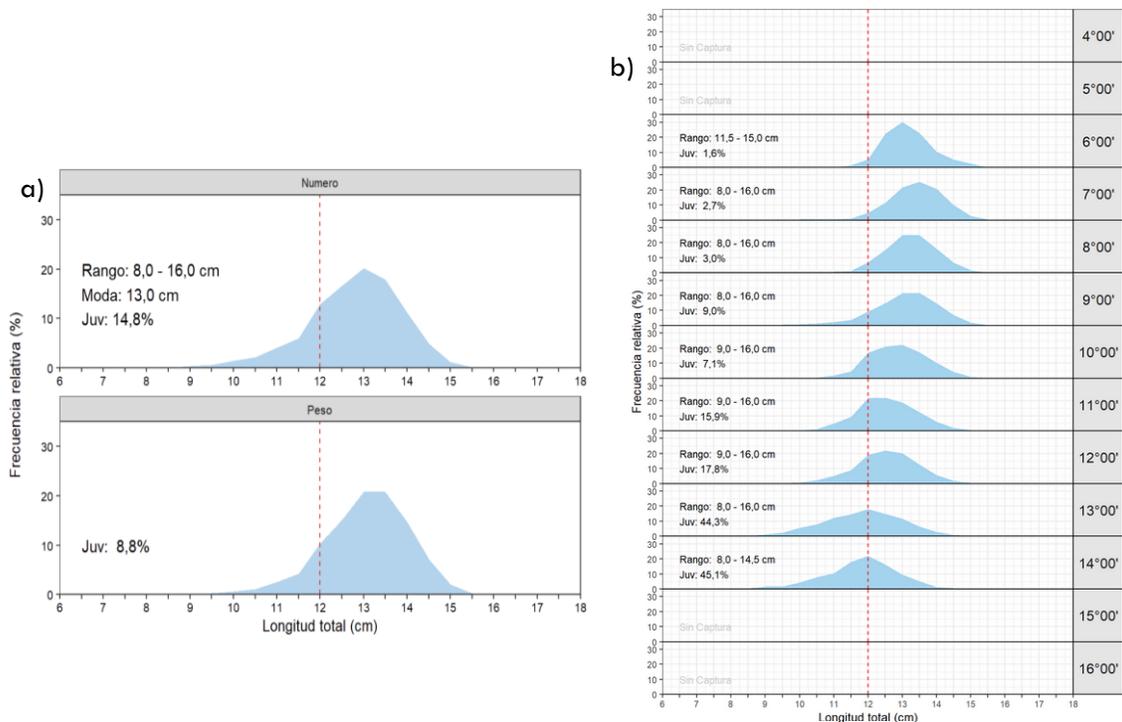


Figura 37. Estructura de tallas de anchoveta a) total, b) según grado latitudinal durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2024.

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Indicador de Actividad Reproductiva

FRACCIÓN DESOVANTE (FD)

Indicador del proceso de desove

ÍNDICE DE ATRESIA (IA)

Indicador de la finalización del desove

CONTENIDO GRASO (CG)

Indicador de la reserva de energía

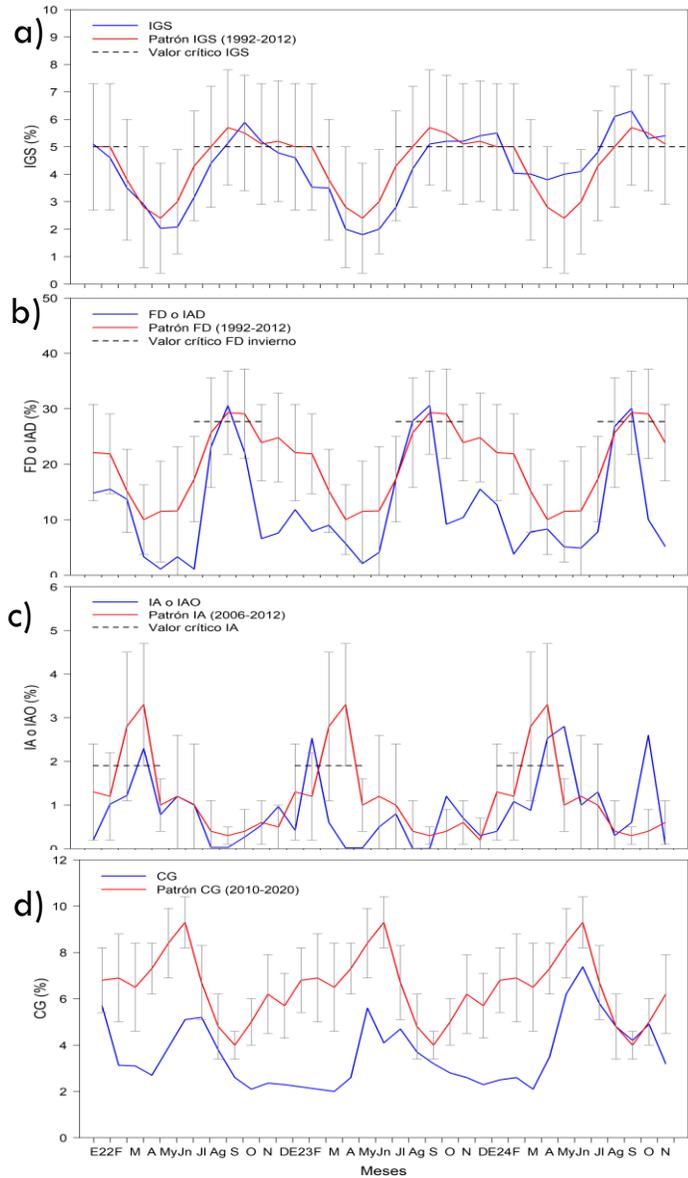


Figura 38. Indicadores reproductivos a) índice gonadosomático, b) fracción desovante, c) índice de atresia y de condición somática d) contenido graso de anchoveta peruana *Engraulis ringens* de enero del 2022 a noviembre del 2024.

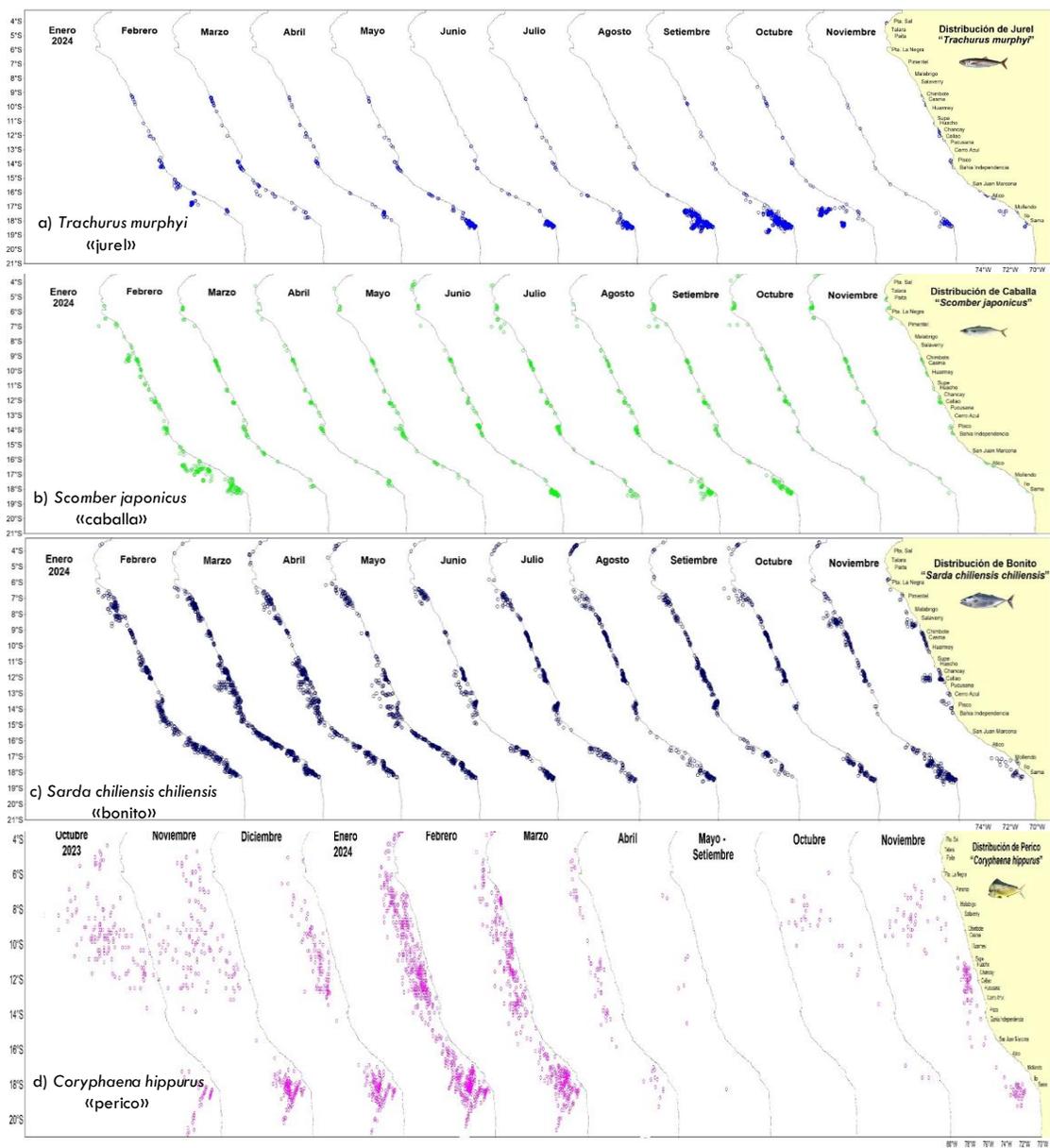
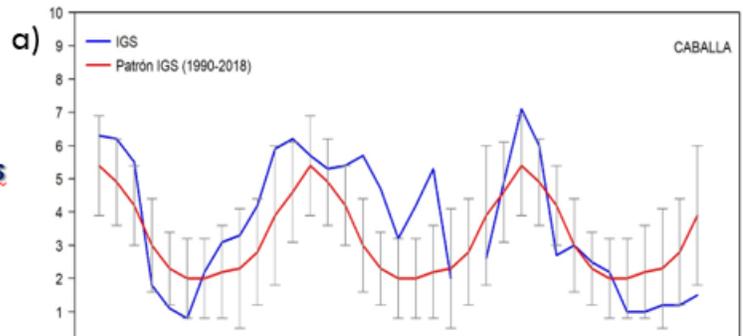
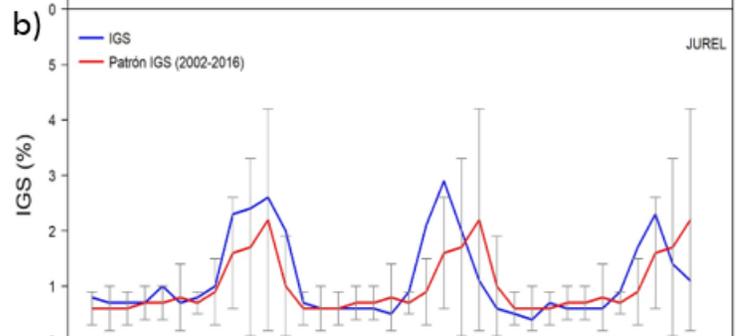


Figura 39. Distribución de los recursos transzonales a) juel, b) caballa, c) bonito y d) perico durante octubre 2023 a noviembre del 2024.

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



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



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

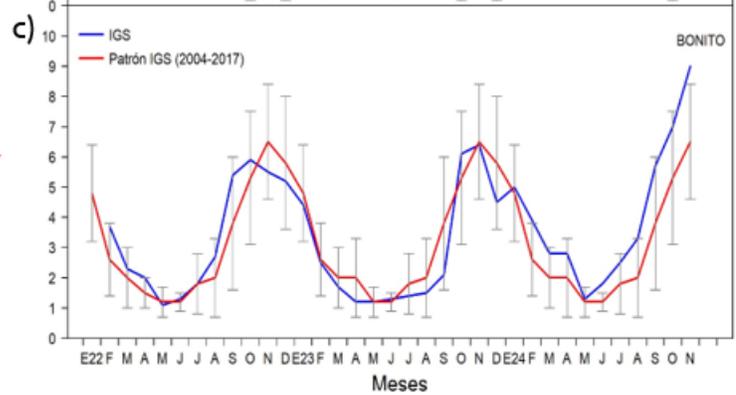


Figura 40. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito de enero del 2022 a noviembre del 2024.

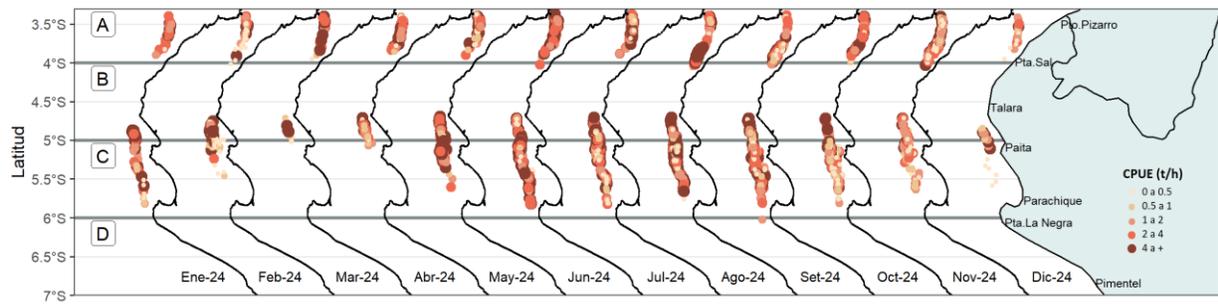


Figura 41. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en th-1) por lance de pesca entre los meses de enero al 04 de diciembre de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

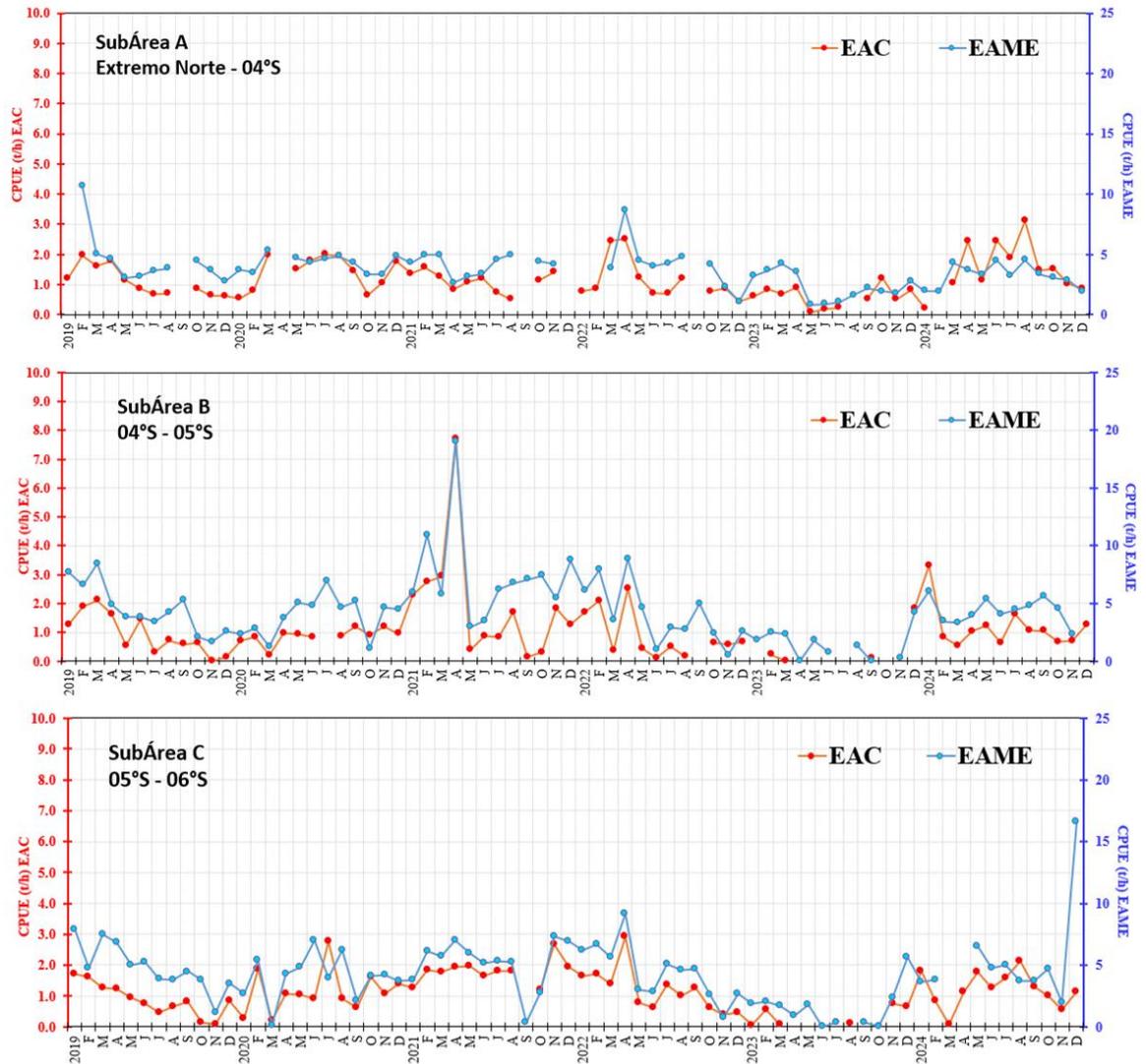


Figura 42. CPUE mensual ($t h^{-1}$) por sub-área de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

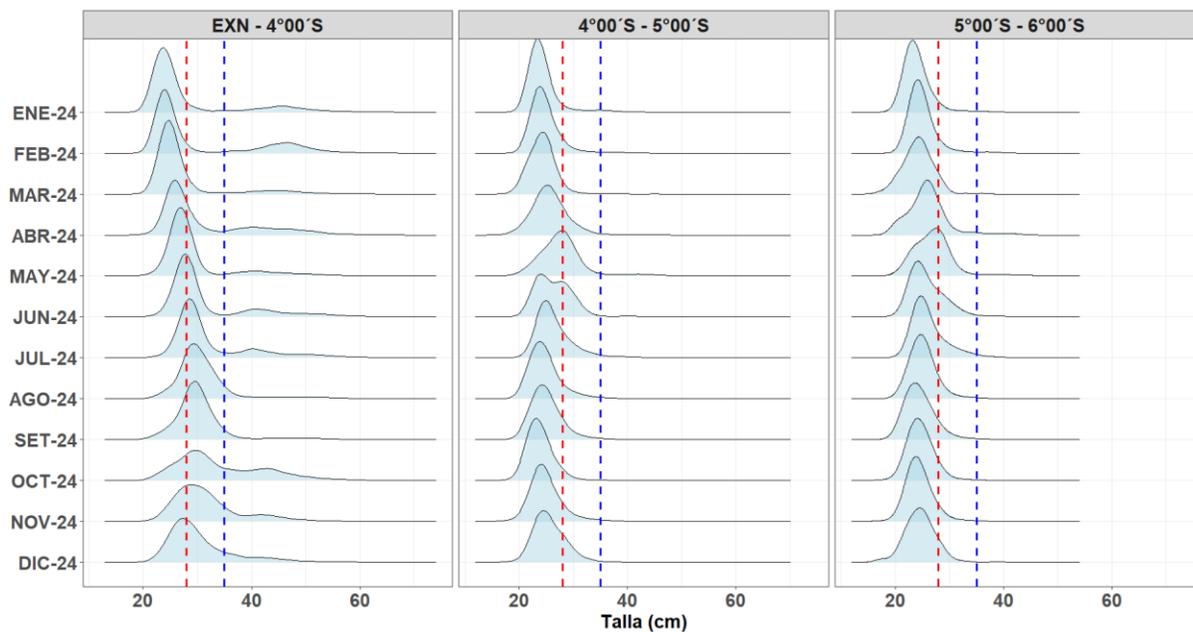


Figura 43. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) de enero al 04 de diciembre 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

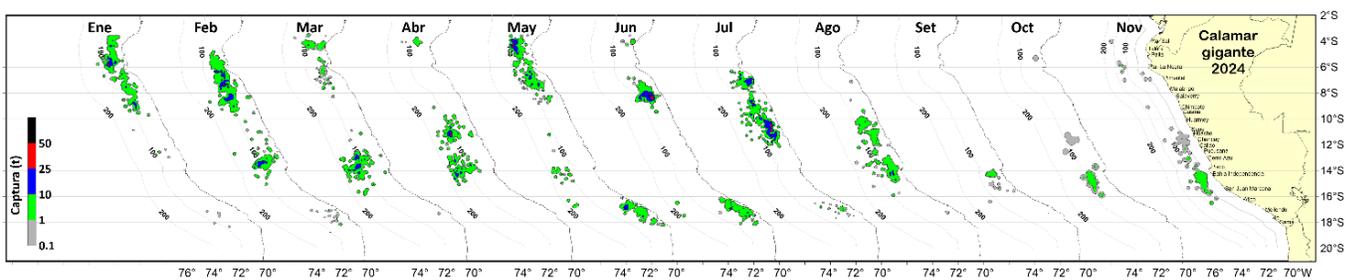


Figura 44. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero – noviembre (preliminar) 2024. Fuente: IMARPE – ROSPAS – Oficina de Pesca Artesanal. información preliminar para uso científico.

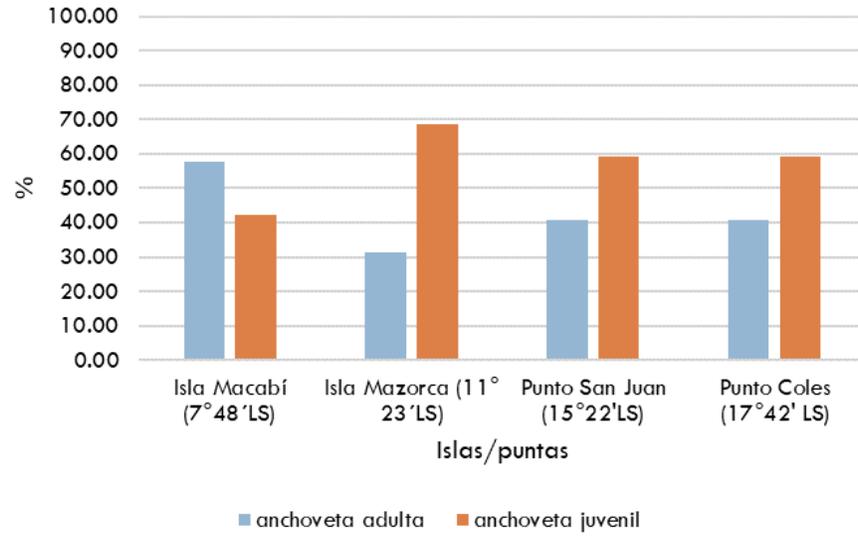


Figura 45. Variación latitudinal de la proporción de anchoveta juvenil en la dieta del guanay en las islas y puntas evaluadas en el mes de noviembre del 2024.

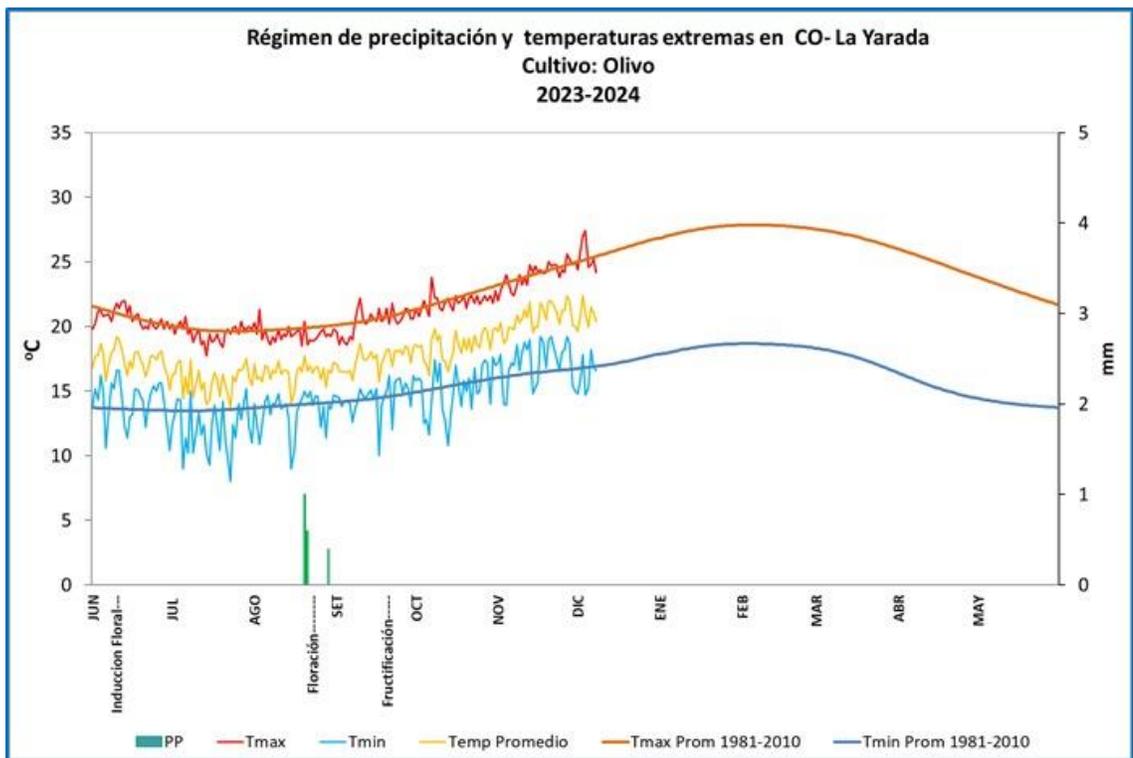
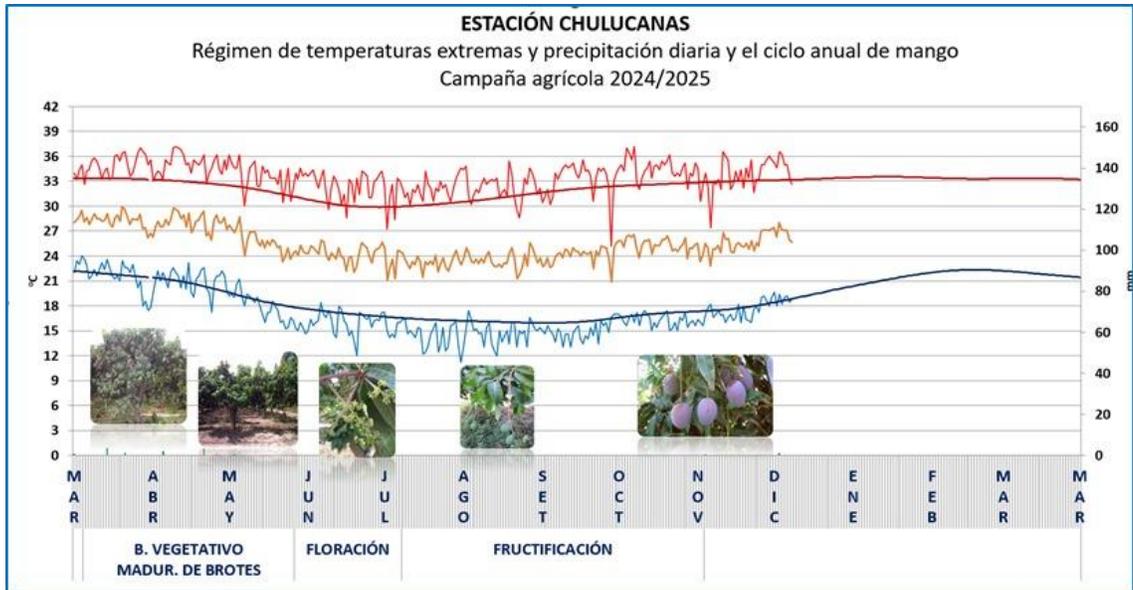


Figura 46. Monitoreo agrometeorológico del mango (Campaña 2024-2025) y olivo (Campañas agrícolas 2023/2024). Fuente: SENAMHI.

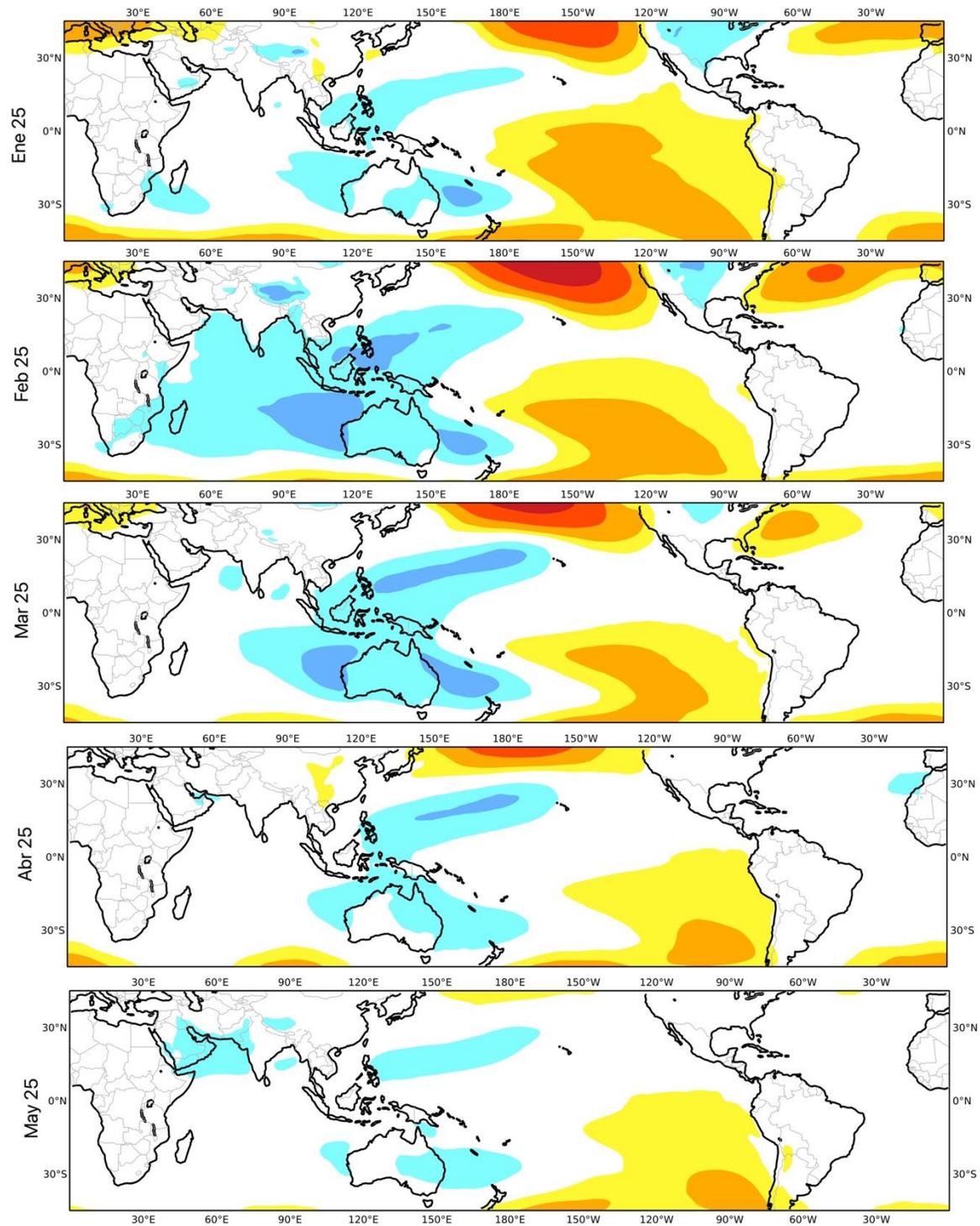


Figura 47. Mapas de pronóstico mensual del ensamblado de las anomalías de la presión atmosférica a nivel del mar en hPa, desde enero hasta mayo 2025, usando el producto C3S multi-system proporcionados por the Copernicus Climate Change Service. iniciados el 01 diciembre 2024. Adaptado por IMARPE.

IGP-UHM IA model v1.0: Probability of a strong EP EN event ($E > 1.5$) in the following Jan:
 0.00% (classif.), 0.00% (regress.) IC: November (Temporal) FT 1871-1984. Processing date: 11-12-2024

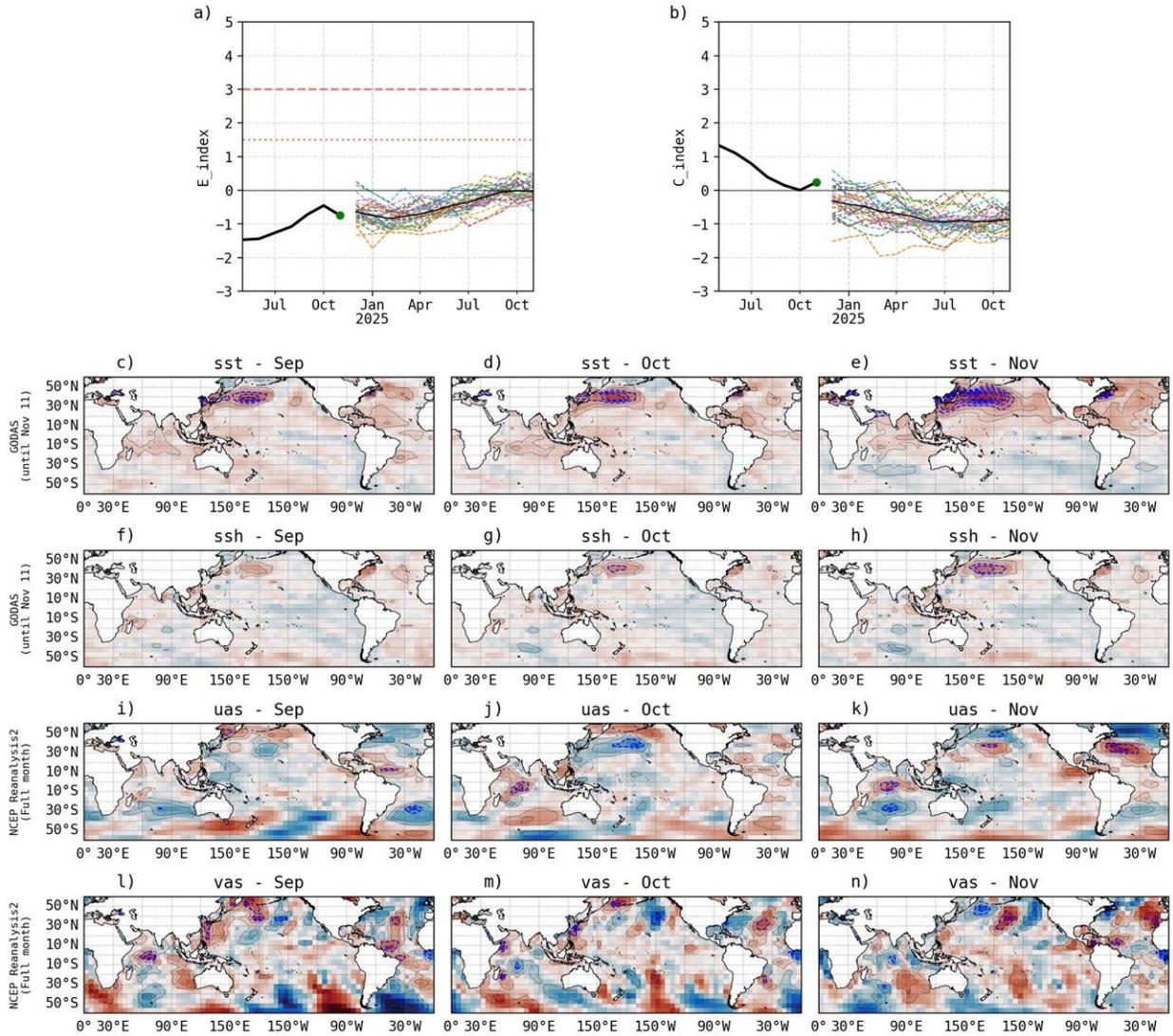


Figura 48. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2024 a setiembre de 2025; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde octubre de 2024 a setiembre de 2025. (b) Es lo mismo que (a) pero para el índice C (Takahashi et al., 2011). Desde (c) a (n), se muestra la “Explicabilidad” (explainability) de cuatro variables, en anomalías, usadas para el pronóstico: temperatura superficial del mar (primera fila), nivel del mar (segunda fila), viento zonal (tercera fila) y viento meridional (cuarta fila). Estas variables se obtienen de distintos meses: setiembre (primera columna), octubre (segunda columna) y noviembre (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

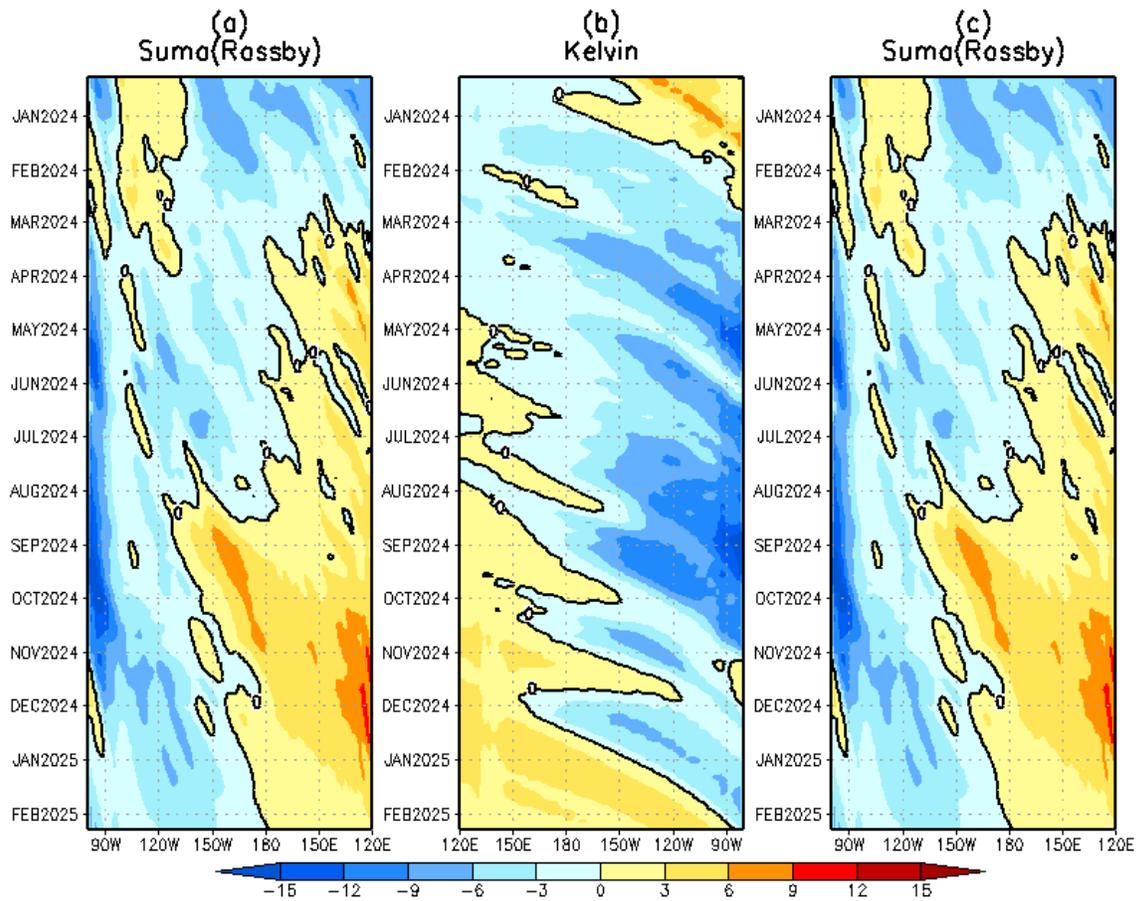


Figura 49. Diagrama longitud–tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOMIGP), forzando por NCEP y termoclina variable. El pronóstico se inicia luego del 9 de diciembre de 2024. Fuente: IGP.

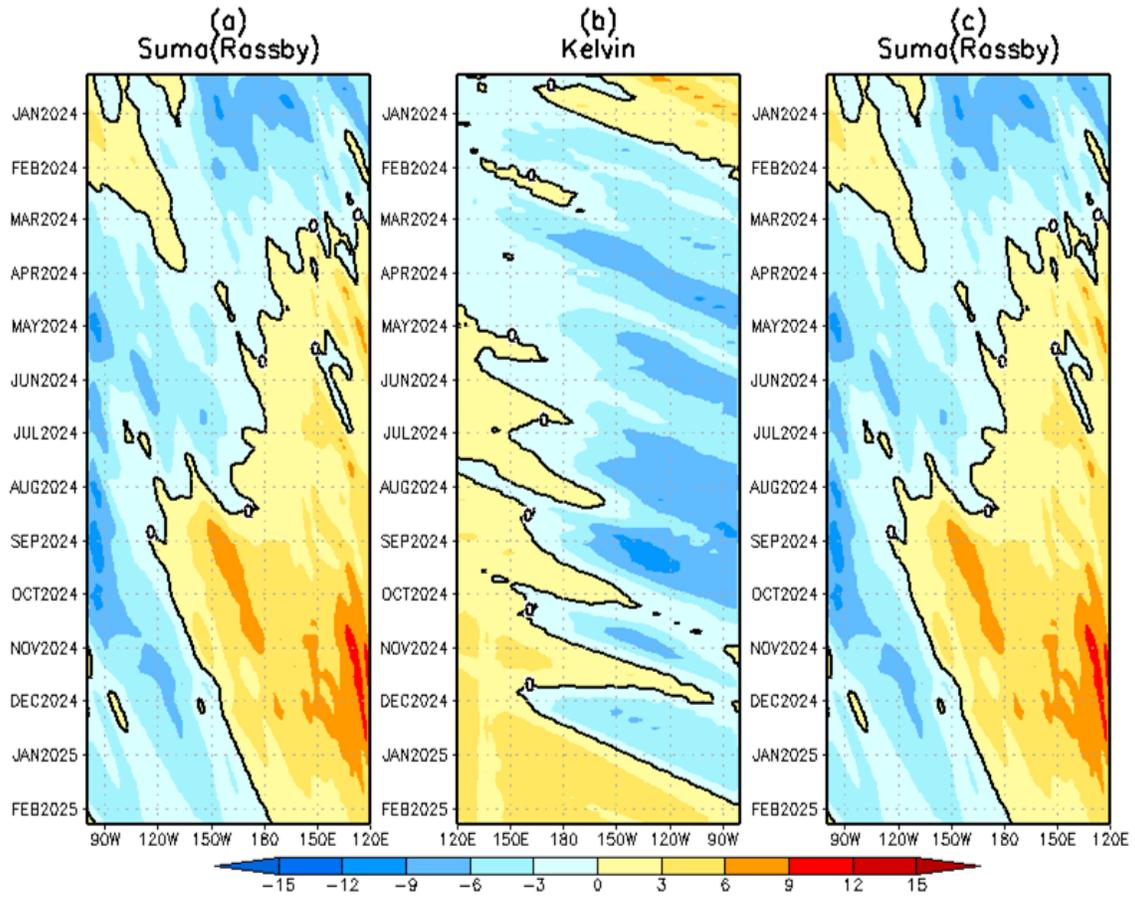


Figura 50. Igual que la Figura 49 pero el modelo es forzado con termoclina constante.
Fuente: IGP.

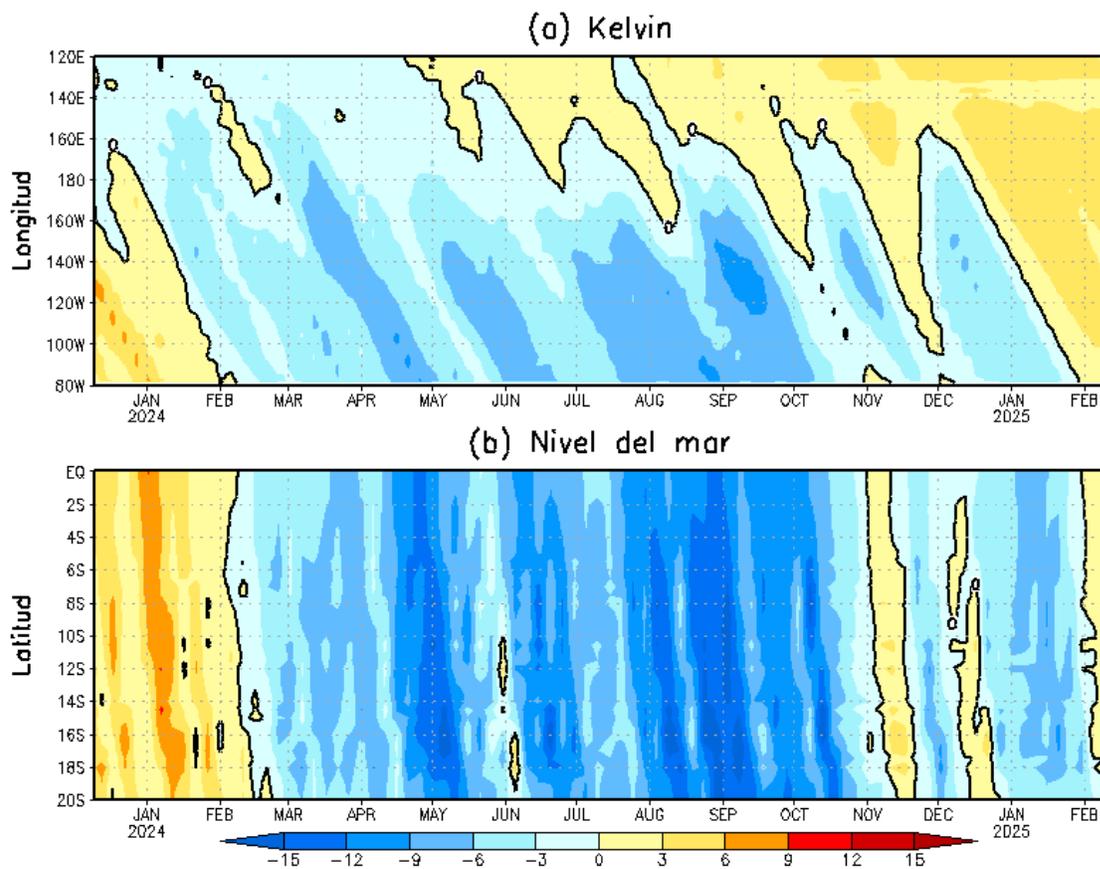


Figura 51. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del re-análisis de NCEP. El pronóstico se inicia luego del 9 de diciembre de 2024. Elaborado por el IGP.

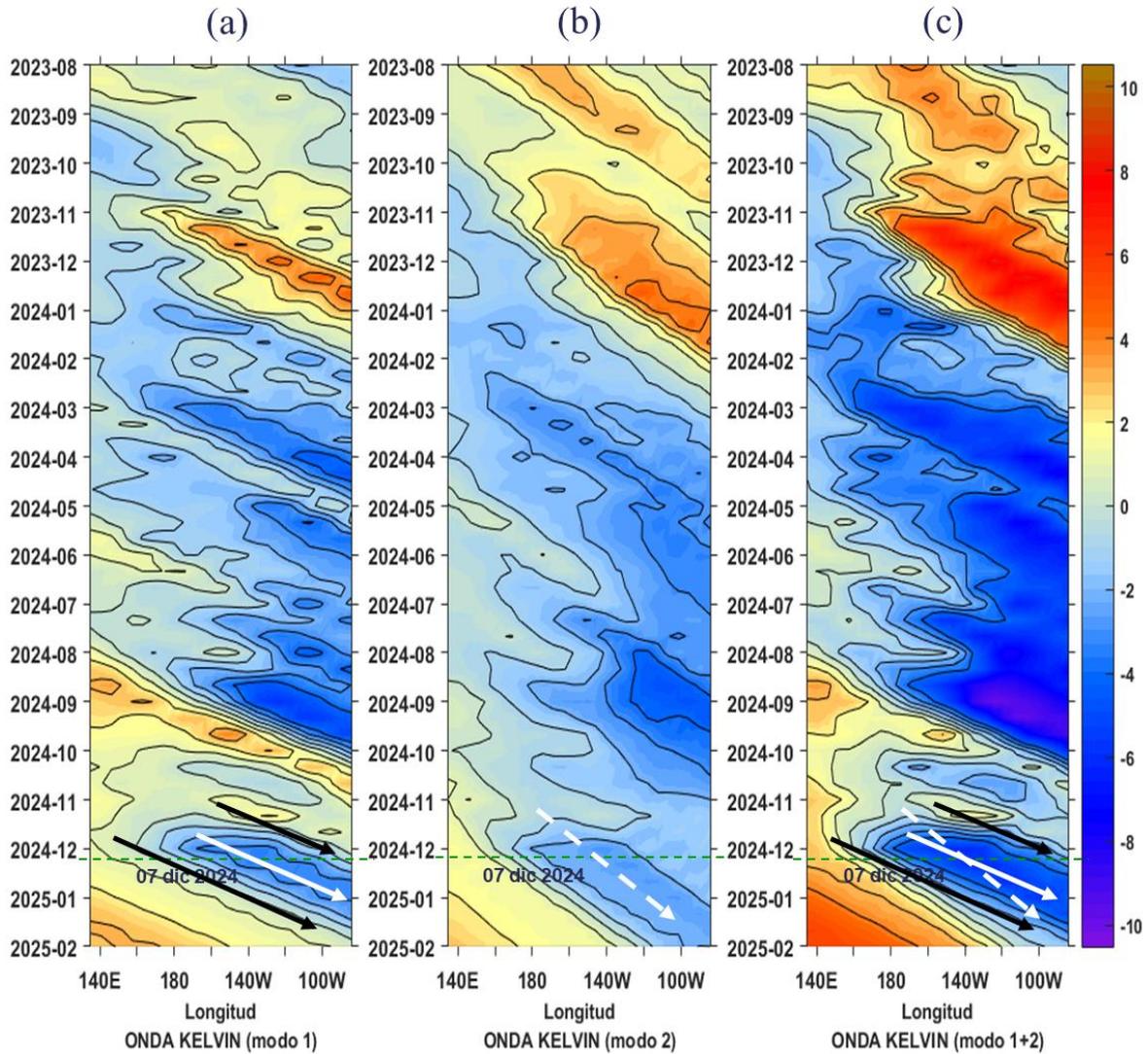


Figura 52. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

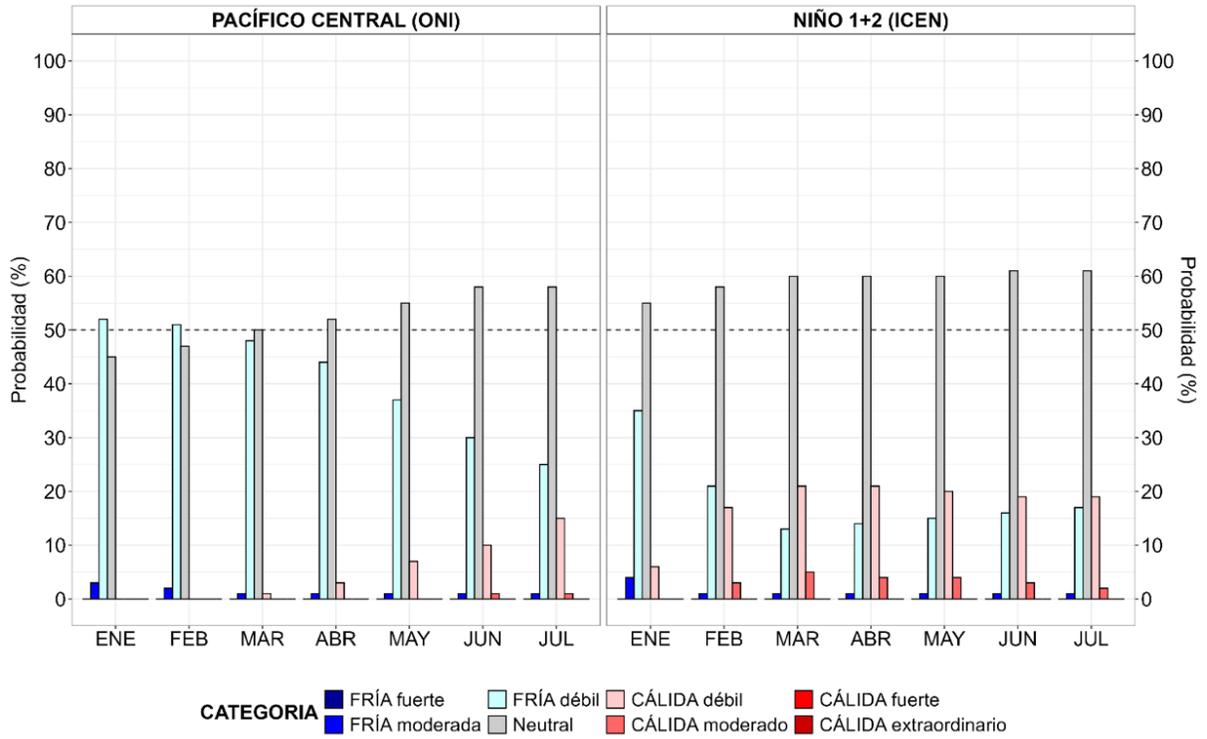


Figura 53. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre enero y junio de 2025.

VII. REFERENCIAS

- Behringer, D., & Xue, Y. (2003). *EVALUATION OF THE GLOBAL OCEAN DATA ASSIMILATION SYSTEM AT NCEP: THE PACIFIC OCEAN*. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-THE-GLOBAL-OCEAN-DATA-ASSIMILATION-AT-Behringer-Xue/2824da5d850b9c12d20ec304919c311b508d909e>
- Bentamy, A., Croize-Fillon, D., & Perigaud, C. (2008). Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 4(4), 265–274. <https://doi.org/10.5194/os-4-265-2008>
- Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 100(C12), 25041–25059. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>
- Carton, J. A., & Giese, B. S. (2008). A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). *Monthly Weather Review*, 136(8), 2999–3017. <https://doi.org/10.1175/2007MWR1978.1>
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., & Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997–1998 El Niño. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 11-1-11–15. <https://doi.org/10.1029/2001GL014452>
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical Structure of an OGCM Simulation of the Equatorial Pacific Ocean in 1985–94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 19-35
- ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú* (p. 3) [Nota Técnica]. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H. & Luo, J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1559-7> (2019).
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H., Kim, E.-S. & On, K.-W. Unified deep learning model for El Niño/southern oscillation forecasts by incorporating seasonality in climate data. *Sci. Bull.* 66, 1358–1366. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.03.009> (2021).

- Helrich, K. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. Marine heatwaves in the Humboldt current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños. *Sci Rep* 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4>Takahashi et al., 2014
- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.

- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.
- Quispe, C., Tam, J., Arrellano, C., Chamorro, A., Espinoza, D., Romero, C., & Ramos, J. (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.IMARPE.gob.pe/handle/20.500.12958/3149>
- Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C. Explained predictions of strong eastern Pacific El Niño events using deep learning. *Sci Rep* 13, 21150 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3>
- Takahashi, K., Mosquera Vásquez, K. A., & Reupo, J. (2014). *El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4639>
- Urbina, B., & Mosquera Vásquez, K. A. (2020). *Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4855>
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1982). *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento*.