

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 9 N°16

26 OCTUBRE DE 2023

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. Miguel Yamasaki Koizumi
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Ing. Gabriela Rosas Benancio
Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

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

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez Lazo
Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

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

Ing. Juan Carlos Castro Vargas
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Kobi Mosquera (IGP)

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

SENAMHI: Tania Ita, Karen León, Yury Escajadillo, Grinia Avalos, Nelson Quispe, Glicerio Canchari

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jackie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimés y Neil Alata

Año: 9

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

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

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente.

Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), 2023.

Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°16, Al 26 octubre de 2023, 62 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en la página web del IMARPE 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: 27 de octubre de 2023



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 26 de octubre 2023

Índice

<u>I.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>II.</u>	<u>MÉTODOS</u>	6
2.1.	<u>Variables</u>	6
	<u>Temperatura Superficial del Mar (TSM)</u>	7
2.2.	<u>Índices</u>	7
	<u>Índice Costero El Niño (ICEN)</u>	7
	<u>Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)</u>	8
	<u>Índices reproductivos de anchoveta</u>	8
2.3.	<u>Modelos y Pronósticos</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)</u>	8
	<u>Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)</u>	9
	<u>Modelos Climáticos de Agencias Internacionales</u>	9
	<u>Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto</u>	9
<u>III.</u>	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 26 DE OCTUBRE DE 2023</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	18
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	32
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	42
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	44
<u>IV.</u>	<u>PERSPECTIVAS</u>	45
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	51
<u>VI.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	52
<u>VII.</u>	<u>ANEXO</u>	54

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 (teleconexiones). En el caso de Perú, el efecto en las precipitaciones puede darse en gran parte del territorio nacional, por ejemplo, en El Niño y en el contexto de El Niño costero las condiciones cálidas sobre el Pacífico oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, generan lluvias intensas, causando impactos en los sectores socioeconómicos.

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

En este aspecto, el Informe Técnico ENFEN se elabora a partir del análisis colegiado del Grupo de Trabajo Científico Técnico 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, re-análisis, modelos), la institución responsable del procesamiento de los datos, así como precisiones u observaciones respecto a la metodología.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el océano global, el producto de TSM del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) proporciona mapas diarios con resolución horizontal de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), 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 reanalysis NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y vientos observados remotamente de ASCAT (Bentamy et al., 2008), estos últimos obtenidos de <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>. Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger & Menkes (1995). Para el pronóstico, el modelo continúa integrándose numéricamente en el tiempo usando dos artificios: 1) esfuerzo de viento igual a cero y 2) promedio de los últimos 30 días de la anomalía del esfuerzo de viento (Mosquera, 2009, 2014; Mosquera et al., 2010).

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

El modelo se utiliza para representar la propagación de la onda Kelvin ecuatorial (OKE) en 3 modos baroclínicos, forzado con anomalías de vientos del *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay

et al., 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004), Dewitte et al. (2002) y Quispe et al. (2017). El análisis de la OKE se realiza con los modos baroclínicos modo 1 y modo 2, los que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, para una mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

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

Modelos Climáticos de Agencias Internacionales

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

Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto

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

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

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

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 26 DE OCTUBRE DE 2023

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

La TSM mantuvo condiciones cálidas anómalas en gran parte de la región ecuatorial (al este de 165°E) (**Figura 1, Figura 2**). En las dos últimas semanas se evidenció un ligero calentamiento en la región occidental y central, con pequeños núcleos de anomalías positivas de 2 °C y 3 °C, respectivamente; en tanto que en la región oriental continuó una ligera disminución de las anomalías positivas de la TSM. (**Tabla 1 y Tabla 2**).

Según los datos semanales de OISST en la región Niño 3.4 para la tercera semana de octubre se registró una anomalía de 1,6 °C; en Niño 3, de 2,1 °C y en Niño 1+2, de 2,3 °C (**Tabla 1 y Tabla 2**).

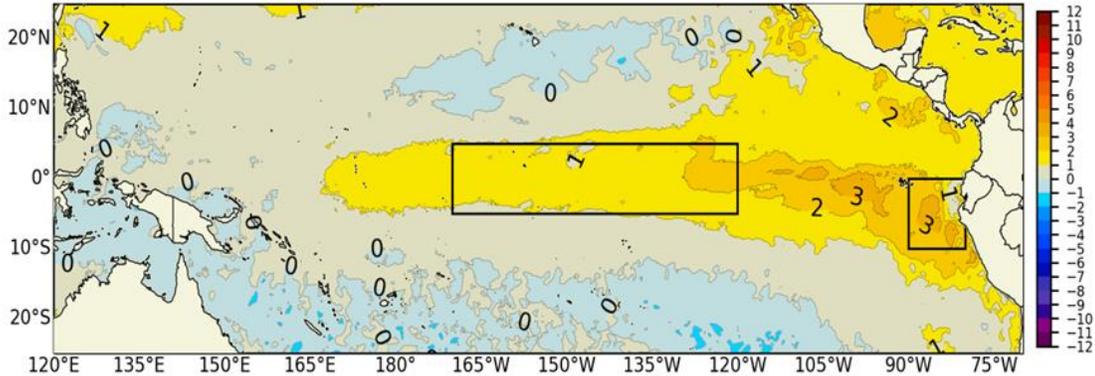


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico tropical del 01 - 15 de octubre. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

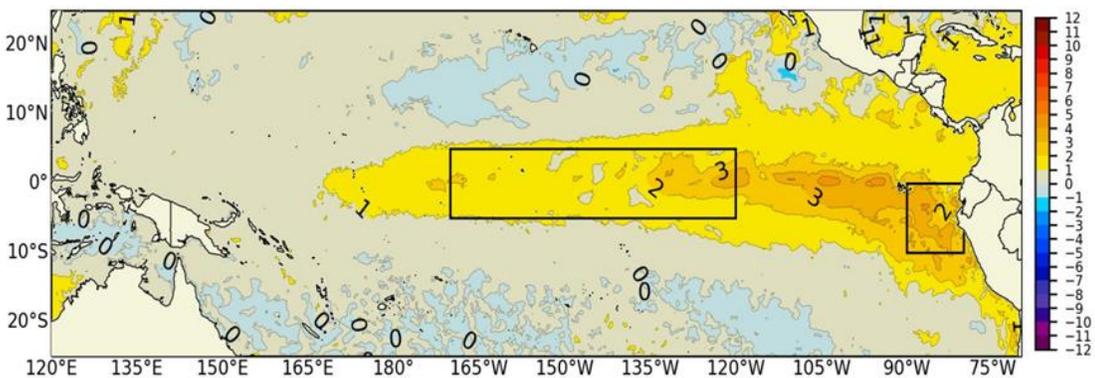


Figura 2. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico del 16 al 23 de octubre de 2023. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Abr.23	28.15	2.62	28.06	0.47	27.96	0.14	28.75	0.12
May.	26.63	2.21	28.10	0.85	28.40	0.46	29.21	0.30
Jun.	25.62	2.50	27.88	1.26	28.57	0.84	29.54	0.57
Jul.	24.94	2.98	27.41	1.61	28.32	1.03	29.59	0.69
Ago.	24.33	3.32	27.09	1.97	28.16	1.31	29.69	0.90
Sep.23	23.22	2.49	27.04	2.13	28.31	1.59	29.84	1.08

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

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
20-Set-23	23.5	2.8	27.0	2.1	28.3	1.7	29.9	1.2
27-Set-23	23.5	2.8	27.0	2.0	28.1	1.5	29.8	1.1
04-Oct-23	23.4	2.6	26.8	1.9	28.2	1.5	29.8	1.2
10-Oct-23	23.2	2.3	27.1	2.1	28.2	1.5	30.0	1.3
18-Oct-23	23.4	2.3	27.1	2.1	28.4	1.6	30.0	1.3

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de agosto, así como el del ICEN temporal (ICEN- tmp) de setiembre, se ubica dentro de la condición cálida fuerte. Por otro lado, los valores del ONI de agosto y el temporal (ONItmp) de setiembre corresponden a las condiciones cálidas moderadas (**Tabla 3**).

Tabla 3. Valores del ONI e ICEN desde setiembre de 2022 hasta agosto de 2023 y sus valores temporales de setiembre. Fuente: IGP

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
set-22	-1,12	Fría Débil	-1,03	Fría Moderada
oct-22	-1,39	Fría Moderada	-1,00	Fría Moderada
nov-22	-1,24	Fría Moderada	-0,93	Fría Débil
dic-22	-0,81	Neutro	-0,83	Fría Débil
ene-23	-0,27	Neutro	-0,71	Fría Débil
feb-23	0,42	Cálida Débil	-0,45	Neutro
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0,16	Neutro
abr-23	2,19	Cálida Fuerte	0,14	Neutro
may-23	2,55	Cálida Fuerte	0,47	Neutro
jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
Ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
set-23	2,73	Cálida Fuerte	-1,45	Cálida Moderada

NOTA: Los valores temporales del ICEN y ONI de setiembre fueron estimados con datos de ERSSTv5, OISST-semanal y NMME.

Según la información de la profundidad de la termoclina, en lo que va de octubre, se observó la propagación de una onda de Kelvin cálida en 160°W y una onda fría entre 140°E y 160°E, aunque, por ahora, no muy intensas. En el nivel del mar, la señal de la onda de Kelvin cálida es la más resaltante y se ubica en 120°W aproximadamente (**Figura 3**). Según los datos de altimetría, la intensidad de la onda de Rossby cálida localizada en 180° habría disminuido, pero hay otra señal en 165°W que sigue avanzando. Por otro lado, una onda de Rossby fría continúa su arribo al extremo occidental (**Figura 4**).

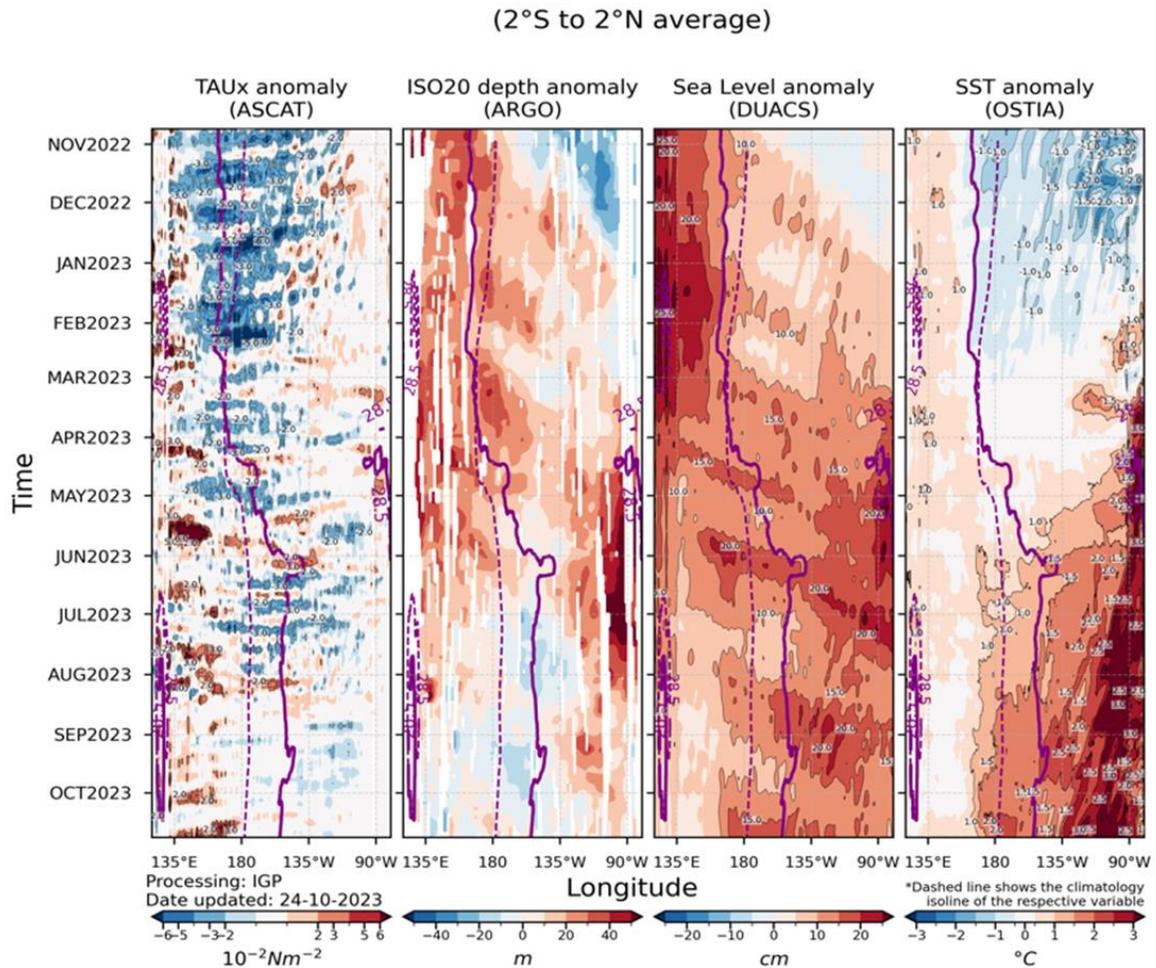


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP

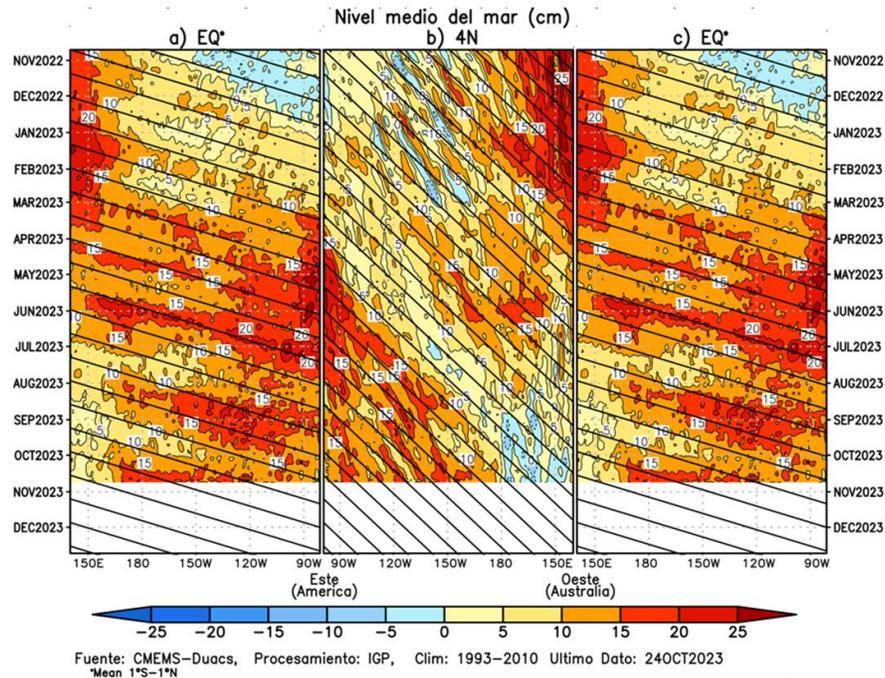


Figura 4. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

En el Pacífico ecuatorial central y oriental, en promedio para los primeros 25 días de octubre, continuaron observándose anomalías negativas de la presión atmosférica; mientras que sobre el continente marítimo y Australia se presentaron anomalías positivas, mostrando un importante gradiente isobárico hacia el oeste (mar Índico) describiendo una típica condición de evento El Niño (**Figura 5d**). La media móvil del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 25 de octubre, alcanzó el valor de -7.8^3 , asociado a las condiciones de presión atmosférica descritas líneas arriba. Además, el ramal subsidente de la circulación de Walker, sobre el continente marítimo mostró un incremento sustancial respecto a lo observado en setiembre, lo cual estaría también vinculado con la fase positiva del Dipolo del Océano Índico (IOD, por sus siglas en inglés) IOD⁴ (**Figura 5c**).

Para las tres primeras semanas de octubre en promedio en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se observaron anomalías positivas del oeste entre los 150° E y 140° W (**Figura 5b**). En niveles altos de la tropósfera de la franja tropical se observaron anomalías variables para la primera semana; mientras que la segunda semana se presentó un patrón de flujo dominante del este sobre continente desde el extremo este del Sudamérica hacia el meridiano de los 120°W favoreciendo actividad de lluvias sobre la vertiente occidental de Los Andes (vertiente occidental

³ Southern Oscillation Index-30 day moving SOI: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/#tabs=Pacific-Ocean&pacific=SOI>

⁴ Indian Ocean Dipole: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml?bookmark=iod>

del Perú) y hacia la tercera semana se registró una disminución importante sobre la franja ecuatorial del continente, siendo dominante hacia el extremo sur del Perú el flujo del sureste, circulación anómala producto de la incursión de aire seco del Pacífico (Figura 5a).

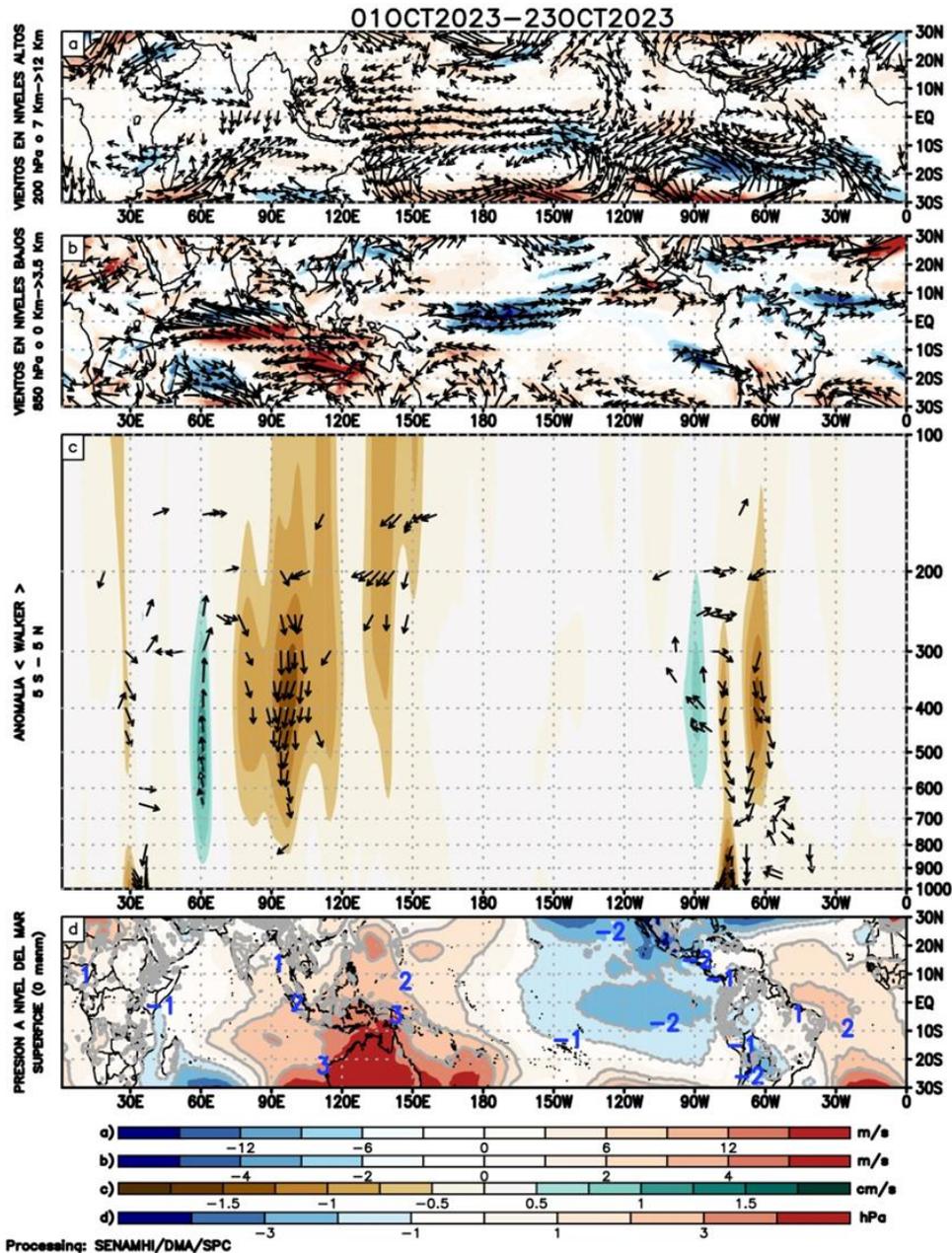


Figura 5. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-23 de octubre de 2023, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

Entre el 01 al 23 de octubre, en niveles bajos de la atmósfera (capa de 1000-850 hPa), se observaron anomalías del oeste en sectores del Pacífico centro-oriental hacia el Pacífico occidental (120°E a 120°W); anomalías próximas a superficie (1000hPa) oscilaron entre 1 a 5 m/s, mientras que en niveles de 850 hPa los valores llegaron hasta los 7m/s (Figura 6 a y b).

En zonas cercanas a continente se mostraron anomalías ligeramente superiores a su media climática, condición que fue favorecida por la intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) ubicado ligeramente al suroeste de su posición habitual e intensificado. Hacia el mar continental, se observaron anomalías intensas de viento del este, vinculado al patrón de circulación atmosférica de la fase positiva del IOD (**Figura 6 a y b**). De acuerdo a las proyecciones del modelo Global Forecast System (GFS) y al Climate Forecast System (CFS), estas muestran una buena concordancia para el sector Índico y mar continental en el pronóstico para las siguientes dos semanas del 25 de octubre al 10 de noviembre, asimismo también para el patrón de anomalías del oeste en la región de los 120°E a los 100°W.

Por otro lado, la MJO mostró su fase divergente sobre la línea de cambio y los 150° E (mar continental), mientras que sobre Sudamérica predominó la fase convergente (subsistencia) desde el mes de septiembre hasta aproximadamente el 25 de octubre (**Figura 6c**); sin embargo, una ligera actividad de la fase divergente se presentó en los 10 primeros días de octubre sobre la región noroeste del Sudamérica, favoreciendo la actividad convectiva sobre región norte del Perú, con lluvias de moderada intensidad. Los modelos de pronóstico del tiempo GFS y de pronóstico extendido CFS muestran concordancia en el pronóstico de la fase divergente para Sudamérica (**Figura 6c**), así como para la región sobre la línea de cambio de fecha, lo cual favorecería la actividad convectiva.

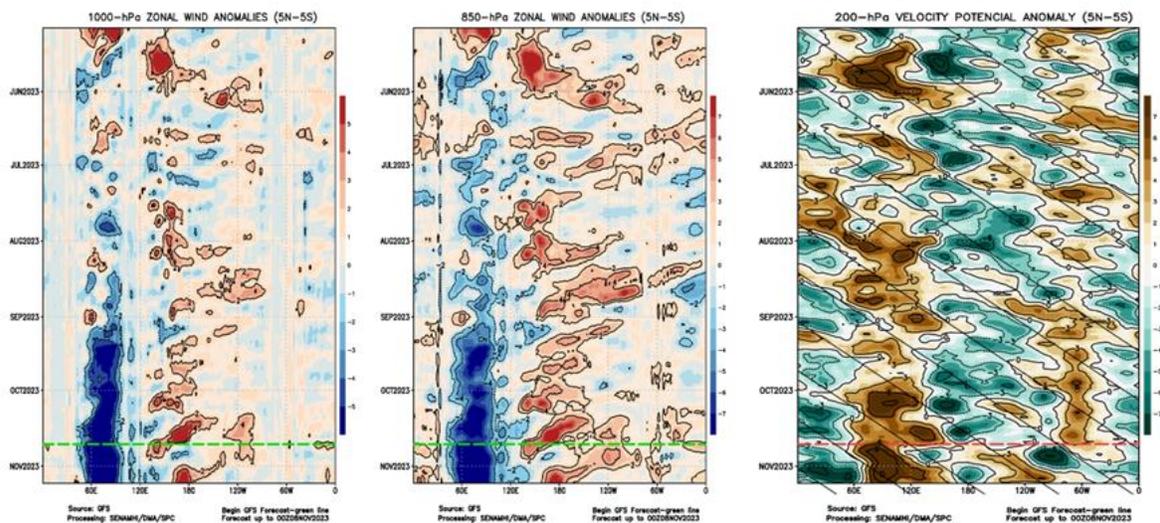


Figura 6. Anomalías promedio, ente los 5°N y 5°S entre 01 al 23 de octubre de (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. La línea verde muestra el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para lo que va de octubre, mostró una configuración zonal, con un núcleo de hasta 1026 hPa desplazado ligeramente al suroeste (35° S - 100° W) de su posición normal (**Figura 7**).

A escala semanal, el APS mantuvo un núcleo intenso, por encima de los 1030 hPa y con algunos picos que superaron los 1035 hPa permaneciendo principalmente al suroeste de su posición habitual, influenciado por las circulaciones de la tropósfera media y alta (presencia de una dorsal); no obstante, la presencia de vaguadas en alta troposfera cercanas a continente (paralela a costa de Chile) favoreció la intensificación de vientos en superficie frente a la costa peruana provocando la intensificación del viento costero a lo largo de la costa central, además el gradiente isobárico frente a las costas de Perú y Chile se mantuvo ligeramente moderado favoreciendo el episodio de viento fuerte. El pronóstico del GFS indica que los vientos alisios para las próximas dos semanas estarían sufriendo una caída importante asociado a la disminución de la intensidad del APS (**Figura 8** , **Figura 9**). Para el trimestre ASO, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) excedió el rango normal de intensidad (+1,1 hPa) y se ubicó ligeramente al sur de lo normal. Con respecto al trimestre JAS, hubo un fortalecimiento de la intensidad y un desplazamiento al sur del APS. En lo que va de mes de octubre, el APS se ha ubicado en promedio en los 97,5° W y 37,5° S, desplazado al sur de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1028,7 hPa y una anomalía de +4,4 hPa (**Figura 10**).

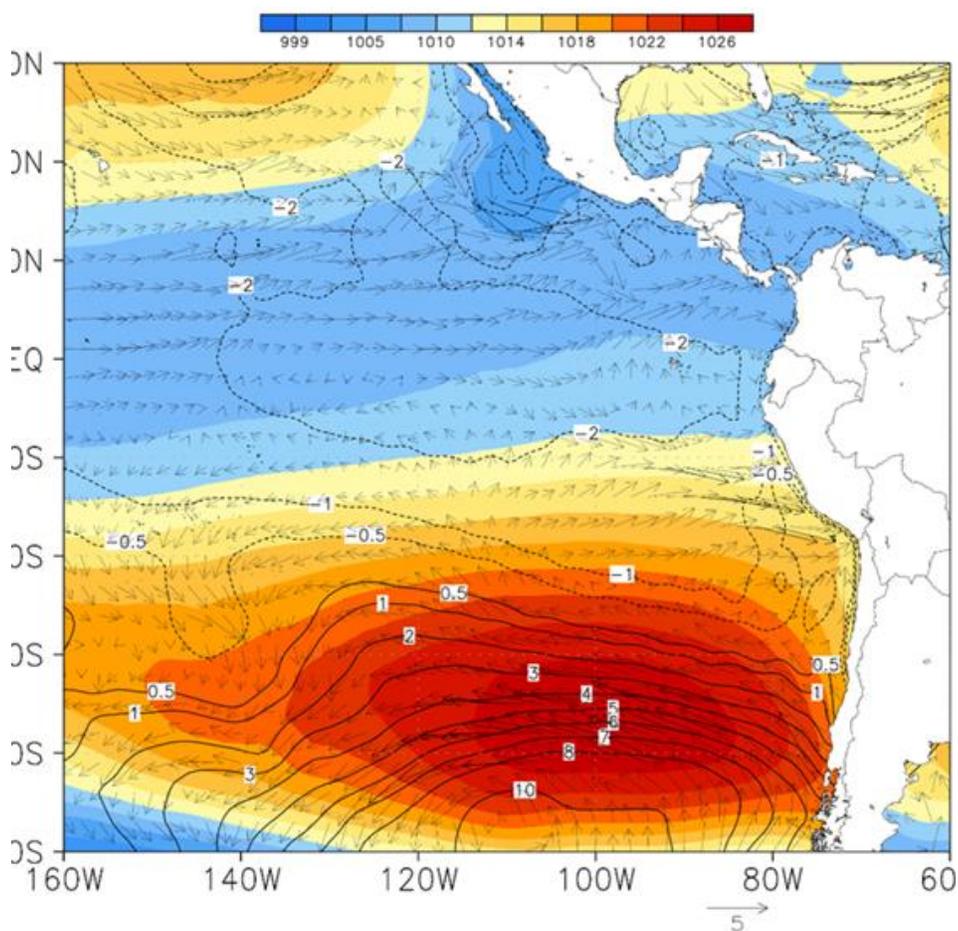


Figura 7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 01 al 23 de octubre de 2023, anomalía de la presión atmosférica (líneas negras) y valor climatológico (líneas verdes). Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

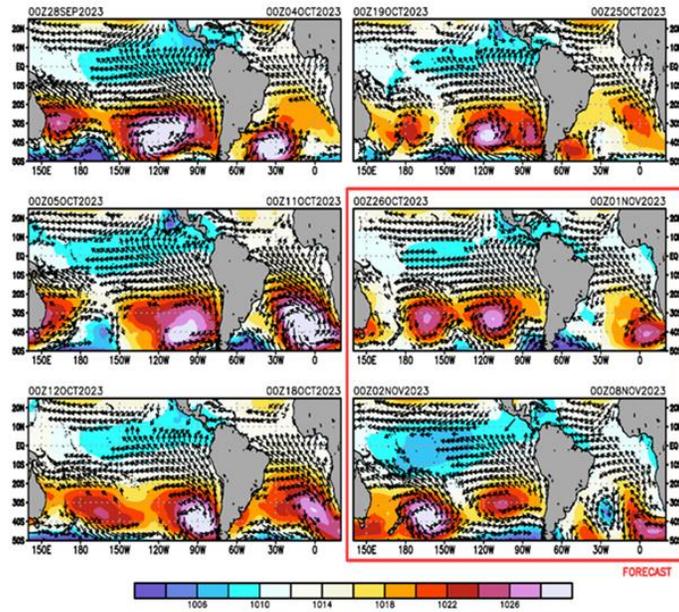


Figura 8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 28 de setiembre al 25 de octubre de 2023. Pronóstico: del 26 de octubre al 08 de noviembre de 2023. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

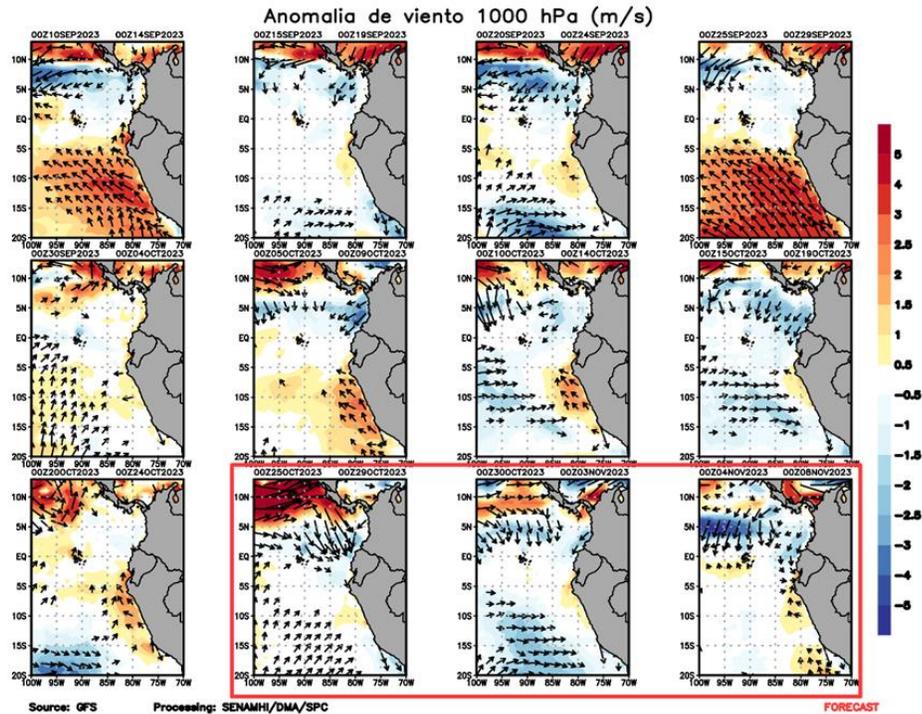


Figura 9. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 19 de setiembre al 24 de octubre de 2023. Pronóstico: del 25 de octubre al 08 de noviembre de 2023. Procesamiento: SENAMHI.

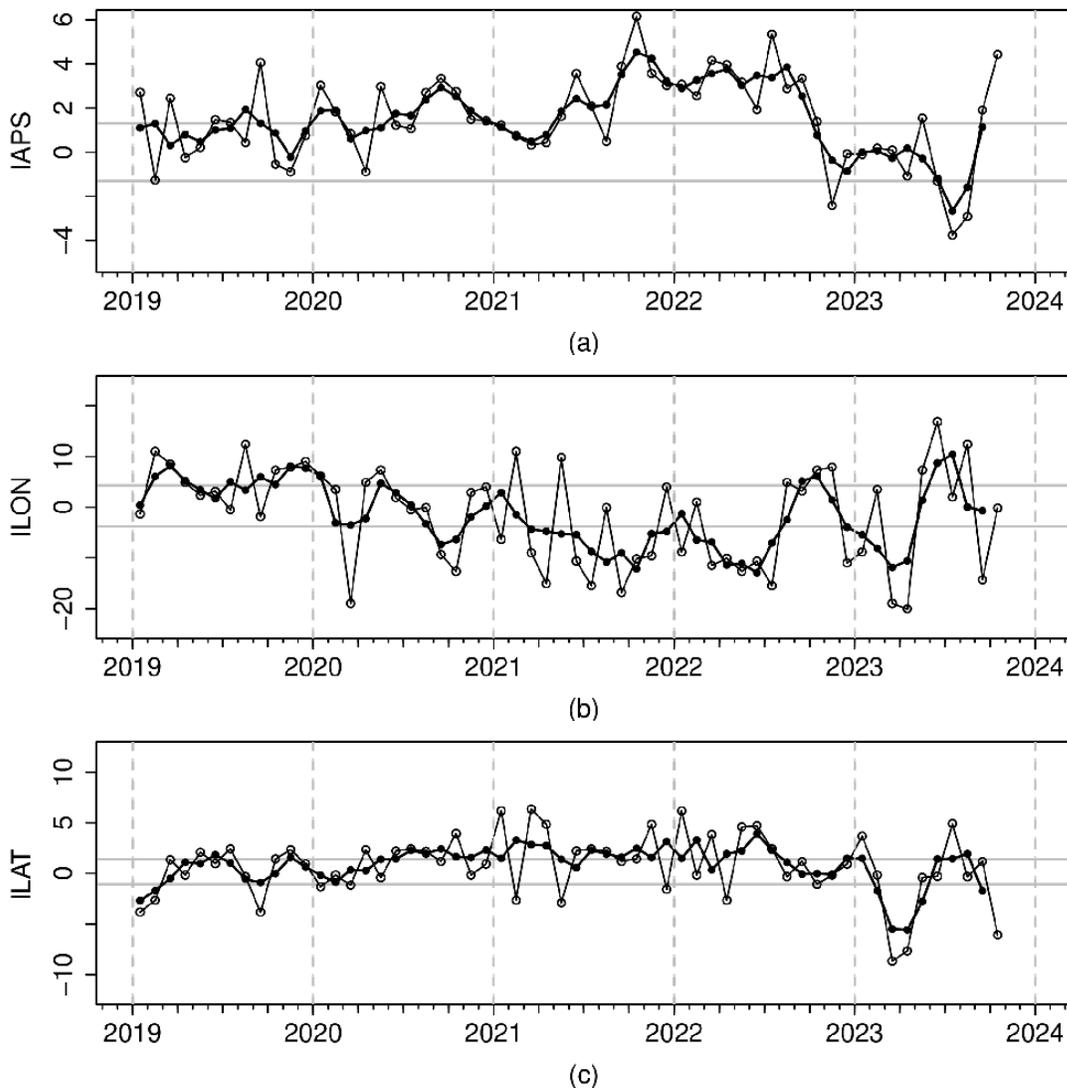


Figura 10. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre ASO 2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 hasta octubre 2023. Climatología 1991 – 2020.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana y dentro de los 40 km predominaron vientos moderados (entre $4,1$ a $6,8 \text{ m s}^{-1}$) a fuertes (mayores a $6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de viento en el rango neutral a positivo (mayor a $+1,0 \text{ m s}^{-1}$). Durante octubre, la mayor intensidad del viento se registró entre Pisco y San Juan de Marcona, hasta la quincena del mes, disminuyendo su intensidad a lo largo de la costa, entre el 15 al 22 de octubre (**Figura 11**). El afloramiento costero continuó presentando valores mayores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ y exhibió pulsos superiores a $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ frente a Talara-Paita, generando anomalías positivas. El bombeo de Ekman presentó predominancia de anomalías positivas, aunque con una tendencia descendente, así como una reducción entre el día 15 y 22 de octubre (**Figura 12**).

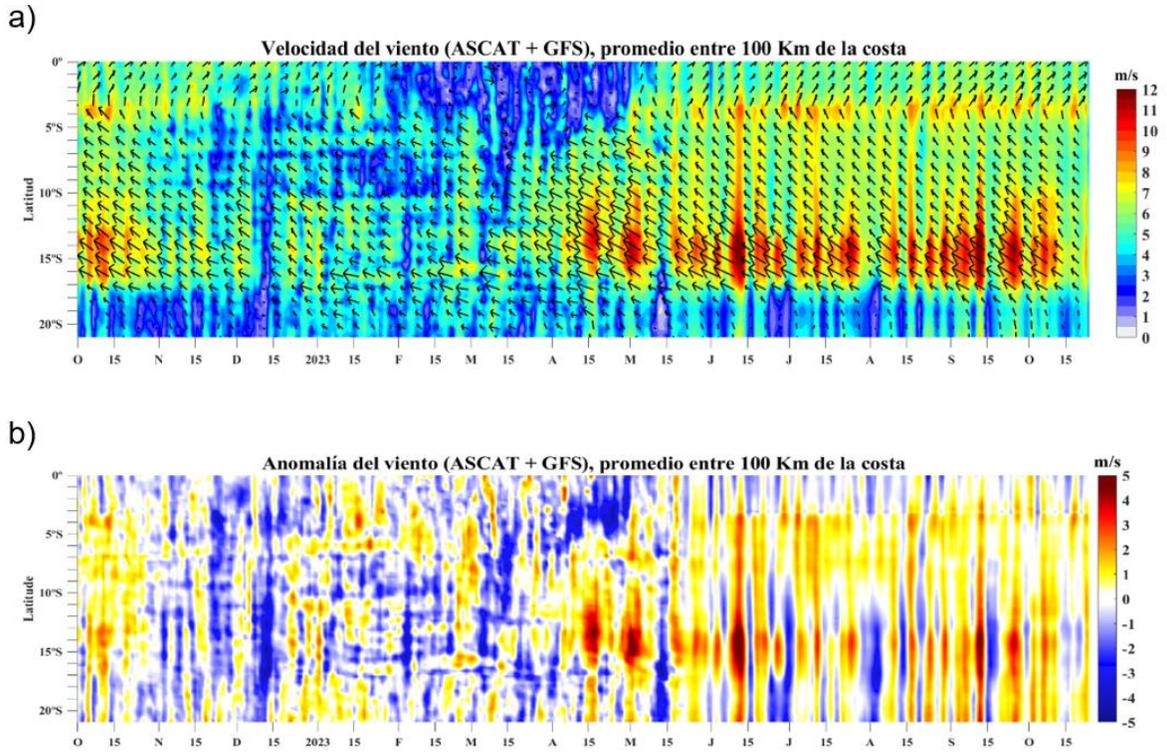


Figura 11. Viento satelital (40 km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000-2014. Actualizado al 24 de octubre.

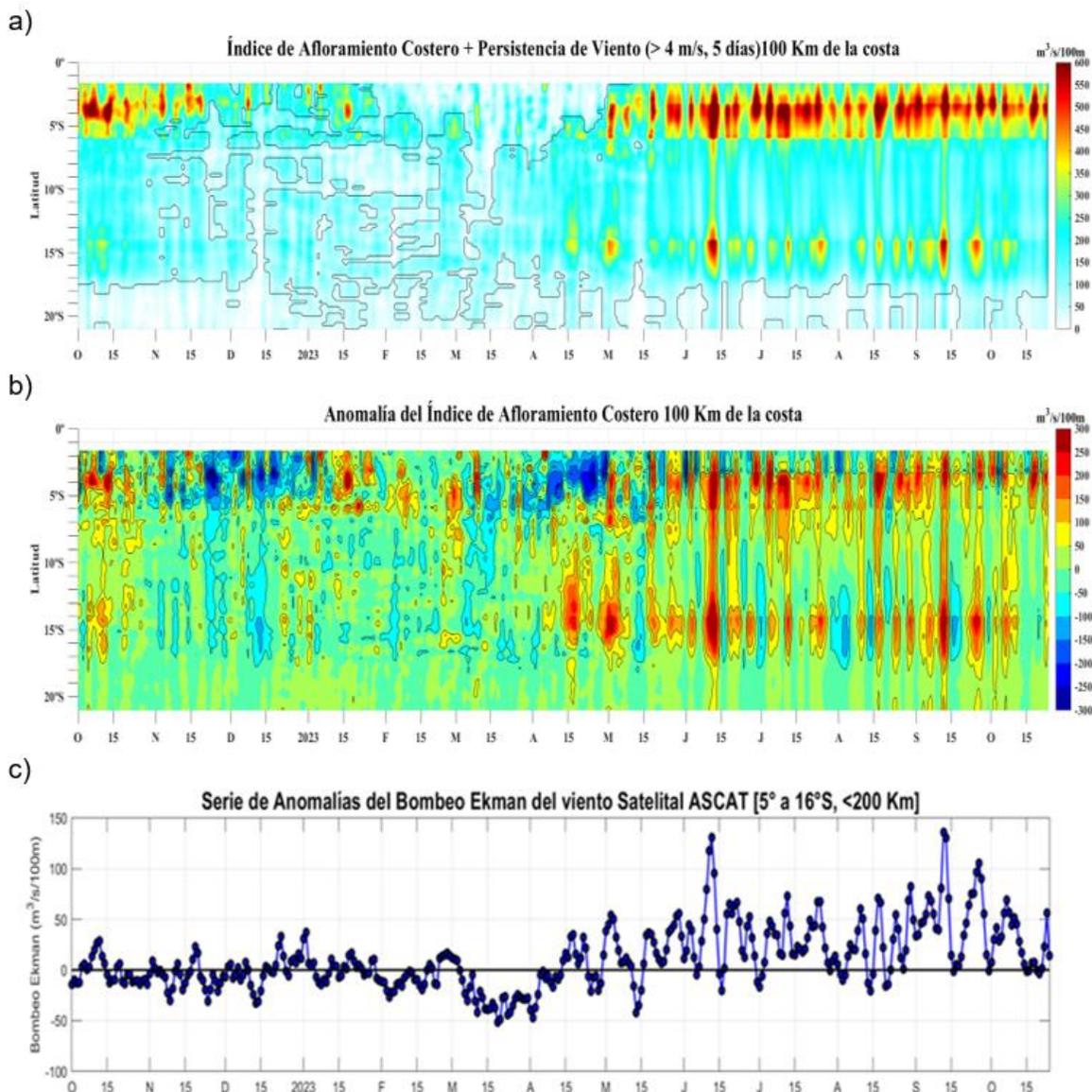


Figura 12. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 24 de octubre.

Por otro lado, en lo que va de octubre, se observa una ligera disminución de las temperaturas tanto durante el día como en la noche a lo largo de la costa en comparación con el promedio registrado en septiembre. Esta tendencia se debe a la mayor intensidad y persistencia de los vientos del sur producto de la intensificación del APS (ver **Figura 7**) y la presencia de vaguadas en alta tropósfera cercanas a continente. A pesar de esta disminución, es importante destacar que las temperaturas a lo largo de la costa siguen siendo superiores a las condiciones climáticas normales, principalmente debido a la influencia de El Niño Costero.

En promedio del 11 al 20, las temperaturas máximas durante el día han mostrado anomalías positivas en promedio de +2,9 °C en la costa norte, +2,6 °C en la costa central y +1,8 °C en la costa sur. Por otro lado, las temperaturas mínimas también han estado por encima de los valores climáticos normales, registrando un aumento en promedio de +2,3 °C, +2,0 °C y +1,1 °C en la costa norte, en la costa central y en la costa sur, respectivamente. **(Figura 13).**

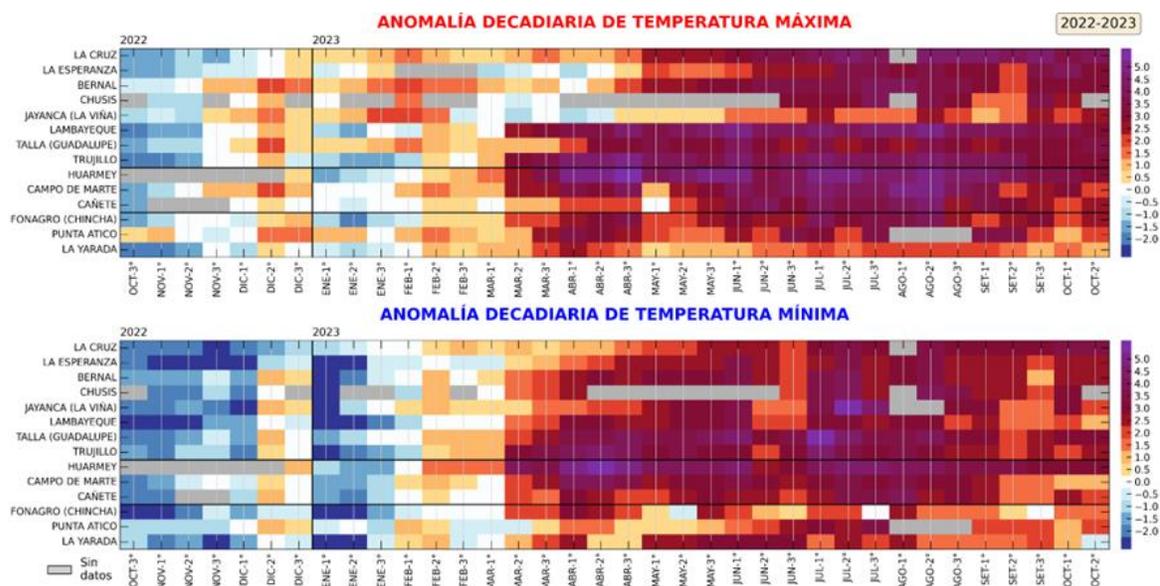


Figura 13. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM aumentó en todo el mar peruano, presentando valores promedio de 19 a 25 °C en el norte, de 17 a 21°C en el centro y de 17 a 20 °C en el sur, para estas dos últimas semanas; aumentando sus anomalías en el orden de 1 a 2 °C en las zonas norte y sur, mientras que en la zona centro se mantuvieron **(Figura 14).**

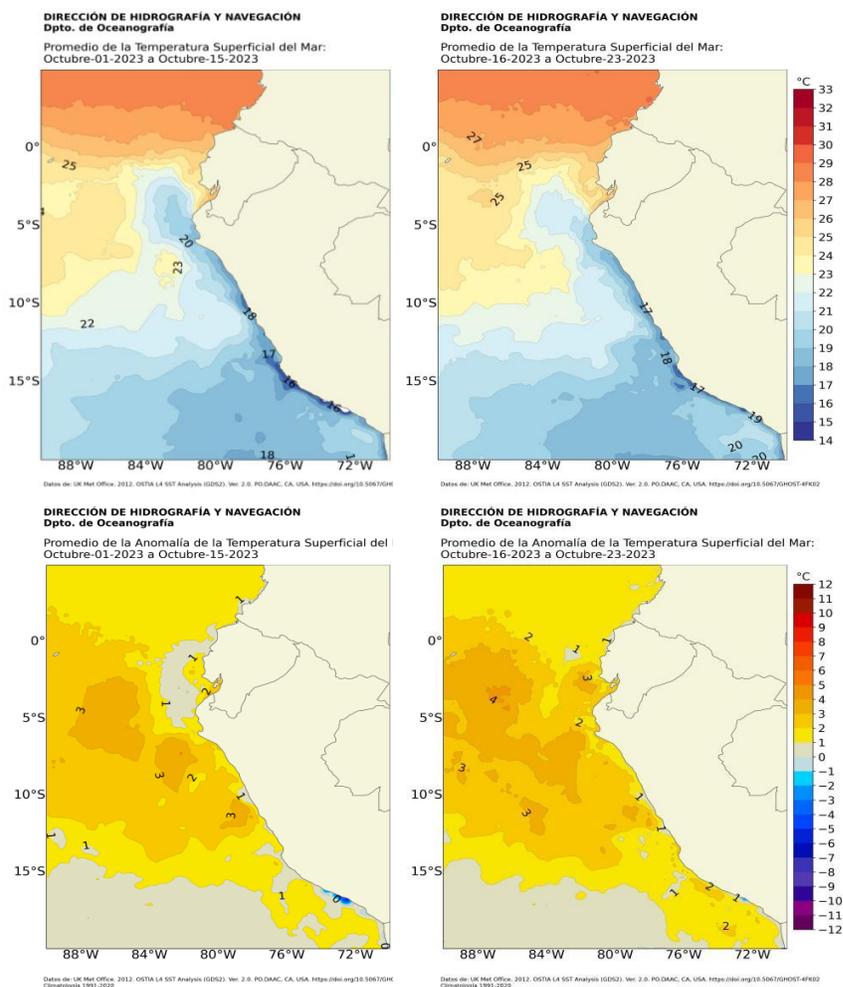


Figura 14. Distribución superficial quincenal de la temperatura y su anomalía durante octubre 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2022. Elaboración: DIHIDRONAV

A otra escala, en el litoral de Perú se mantienen las condiciones cálidas, evidenciándose en el mes una disminución en las dos primeras semanas y luego una tendencia a aumentar hasta la fecha, en particular en el litoral norte y sur. En promedio con anomalía de 2 °C al norte de Callao y de 1 °C al sur (**Figura 15**).

El calentamiento que afecta el mar peruano continuó su desarrollo como una ola de calor marina (OCM), con una duración de 239 días al 22 de octubre (**Figura 16**). En la segunda semana de octubre se observó un repliegue oceánico de la cobertura espacial de la OCM, desocupando la costa norte y central. Después de la quincena se detectó una recuperación de la cobertura hasta cubrir un área de $1,90 \times 10^5 \text{ km}^2$ entre los 2°S y 15°S y dentro de las 150 mn de la costa; sin embargo, no estuvieron presentes las anomalías de TSM mayores a +4 °C. La anomalía acumulada al 22 de octubre alcanzó 796,65 °C x días, superando en más de un 160 % a lo registrado durante El Niño Costero 2017 (Pietri et al., 2021).

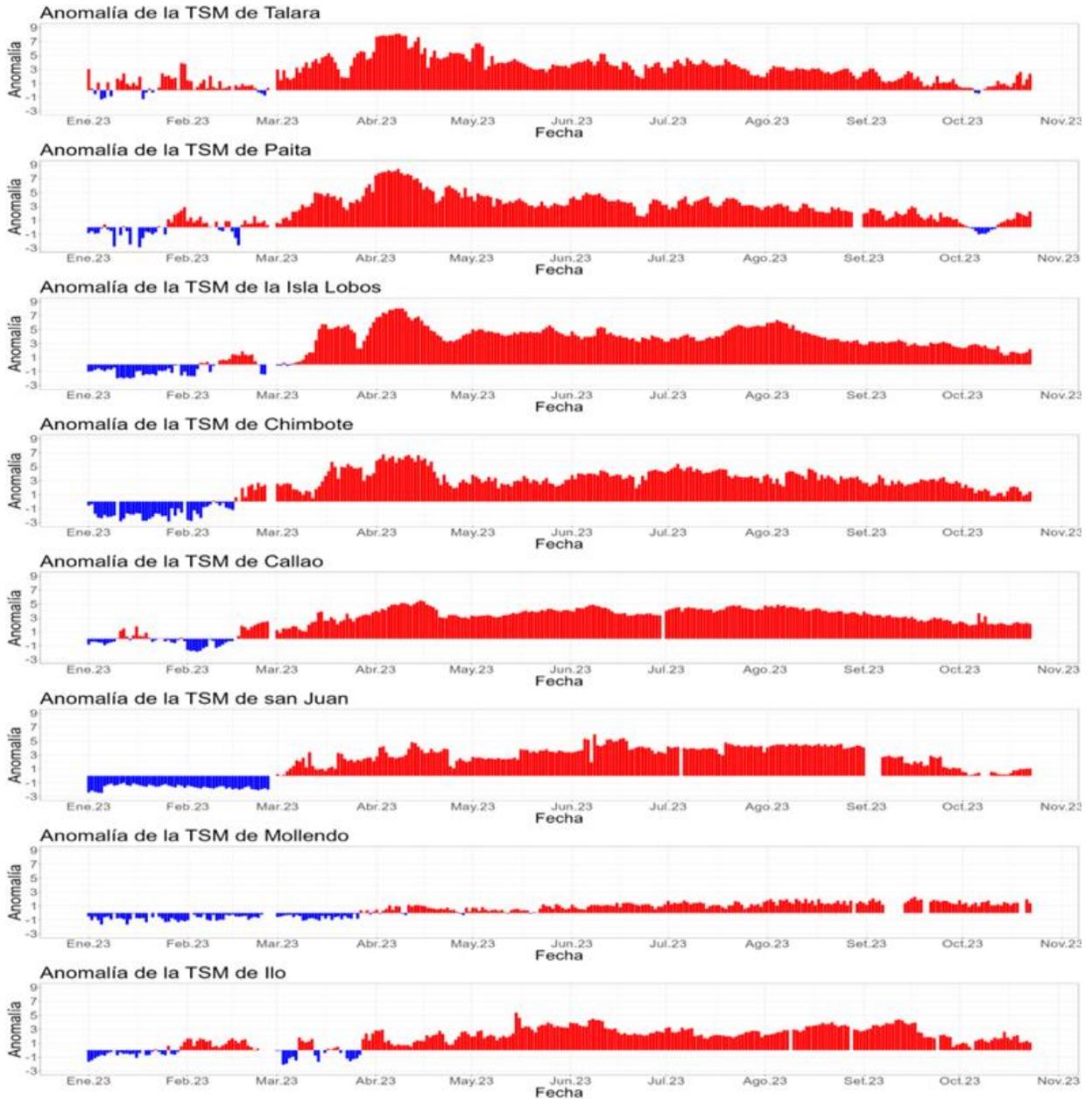


Figura 15. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de enero a octubre 2023. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

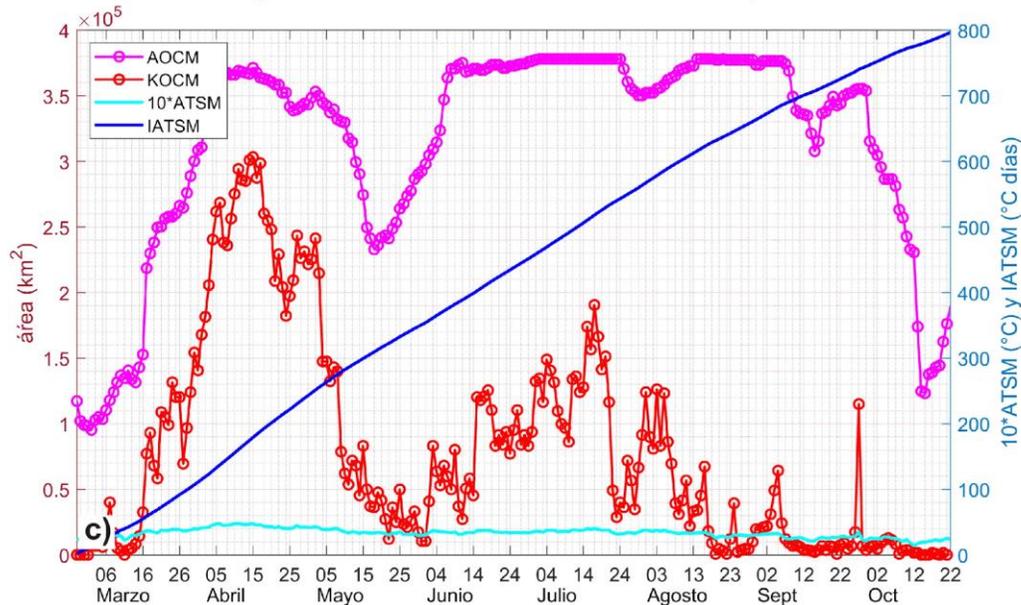
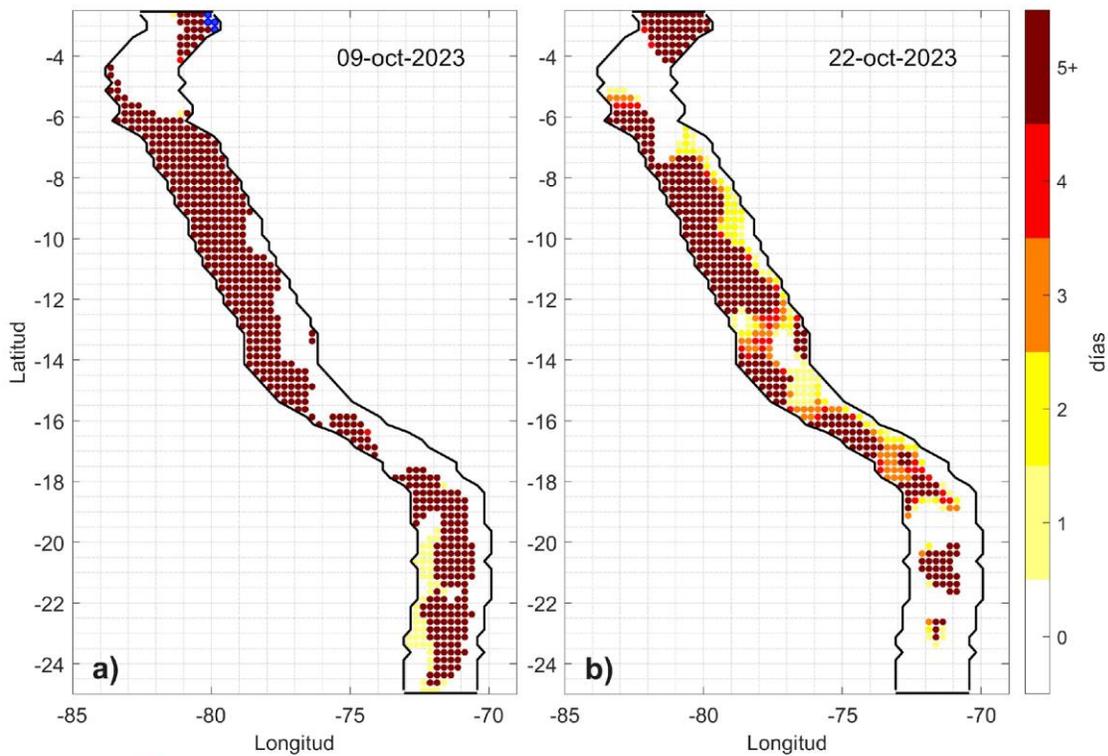
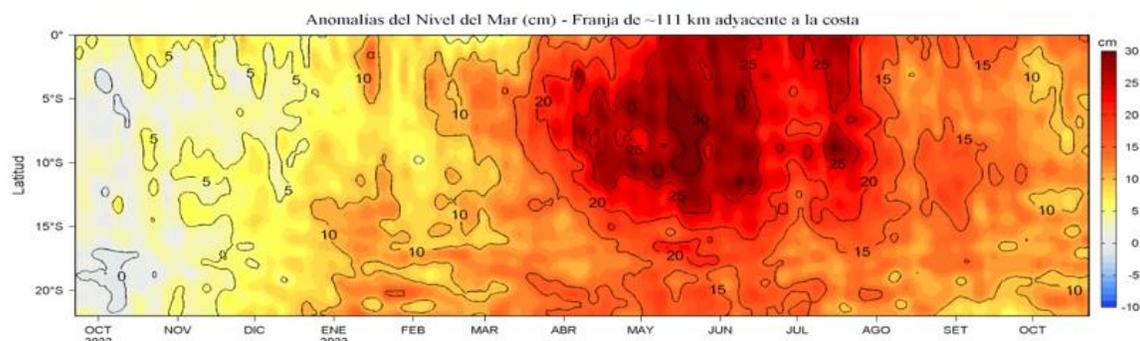


Figura 16. Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa el 9 de octubre (a) y el 22 de octubre del 2023 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); los círculos con relleno azul indican que allí la OCM supera la anomalía de +4 °C; c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 2 y 15° S y dentro de las 150 mn: área de la OCM (AOCM, km²); área de la OCM donde la ATSM > +4 °C (KOCM, Km²); anomalía diaria de la TSM; y anomalía integrada (IATSM; °C x días). Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacentes a la costa, venían mostrando una disminución significativa durante la primera quincena de octubre debido al efecto de una onda Kelvin fría; sin embargo, durante la tercera semana presentaron un leve incremento, pasando de valores de hasta +7 cm (Chicama) a +13,6 cm (Tumbes), indicando que el cambio más significativo ocurrió en la costa norte y estaría asociado al arribo de una onda Kelvin cálida debilitada en intensidad aunado al debilitamiento de los vientos (**Figura 17 y 18**).

a)



b)

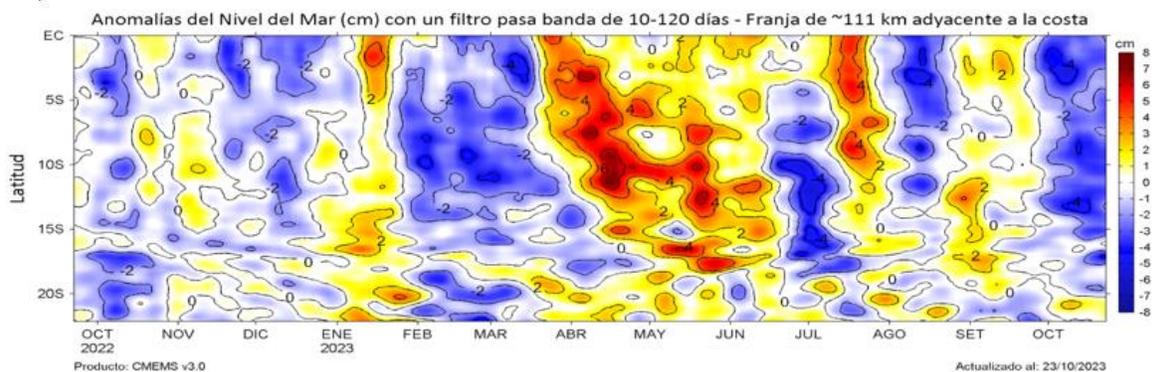


Figura 17. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 23 de octubre 2023. Fuente: CMEMS v3.0.

Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento:

LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

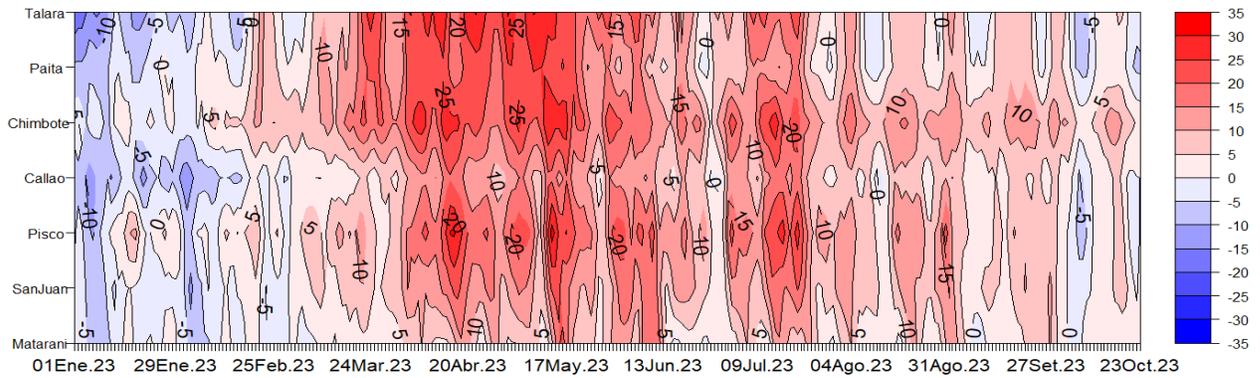
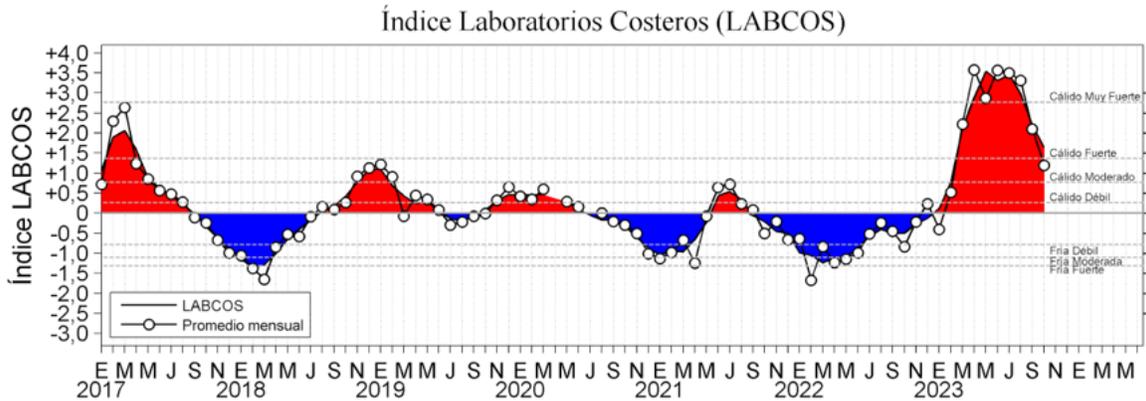


Figura 18. Diagrama Hovmöller de anomalía de NM en el litoral de Perú (con filtro móvil anual) del 1 de enero al 23 de octubre 2023, Climatología: 1991-2020. Procesamiento: DIHIDRONAV.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres anomalías mensuales de TSM registradas en los muelles de IMARPE desde Paita hasta Ilo, mostró un valor temporal de $+1,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el trimestre SON, señalando una disminución durante los últimos meses, aunque aún en una condición cálida fuerte. Por su parte, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelitales para la banda de 40 km adyacente a la costa, presentó un valor preliminar de la primera componente para el trimestre SON de $+0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, indicando la tendencia al descenso hacia una condición neutra (**Figura 19**).

a)



b)

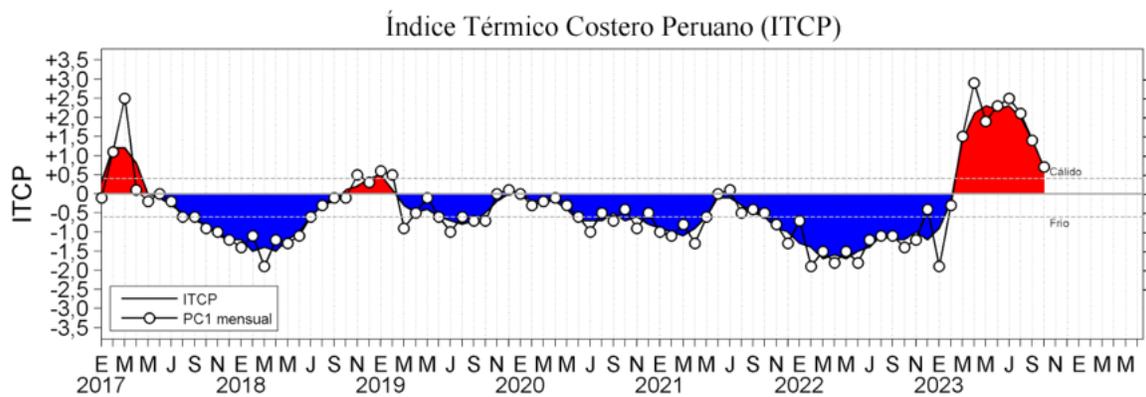


Figura 19. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2023.

Respecto a la temperatura subsuperficial, en lo que va de octubre, frente a Tumbes y Paita, sobre los 100 m de profundidad y entre 100 a 300 mn frente a la costa, se observaron anomalías de +1 °C a +5 °C, mientras que dentro de las 80 mn, anomalías de +1 °C. Asimismo, entre los 100 y 400 m de profundidad se observaron núcleos de hasta +1 °C dentro de las 200 mn (**Figura 20 y Figura 21**). Entre la tercera y cuarta semana de octubre, frente a Paita, se detectaron anomalías mayores a +1 °C hasta los 160 m de profundidad dentro de las 100 mn, así como anomalías entre +2°C y +3°C sobre los 50 m. En la sección Chicama, las anomalías mayores a +1 °C se presentaron sobre los 170 m a 100 mn de la costa, ascendiendo a 20 m debajo de la superficie en la zona costera; además se detectaron anomalías superiores +1 °C entre los 200 y 300 m sobre el talud continental (**Figura 22**). Frente a la costa central (100 – 300 mn), entre Chimbote y Pisco, se registraron anomalías de +1 °C a +3 °C sobre los 100 m de profundidad principalmente (**Figura 21**). Cabe indicar que, considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, en lo que va del mes de octubre se ha observado una reducción de las anomalías positivas respecto a agosto y septiembre sobre los 50 m de profundidad. Sin embargo, entre la tercera y cuarta semana de octubre, las anomalías térmicas de +2 °C se expandieron nuevamente hasta los 100 m de profundidad; este tipo de variabilidad también se observó durante El Niño 2015-2016 (**Figura 23**).

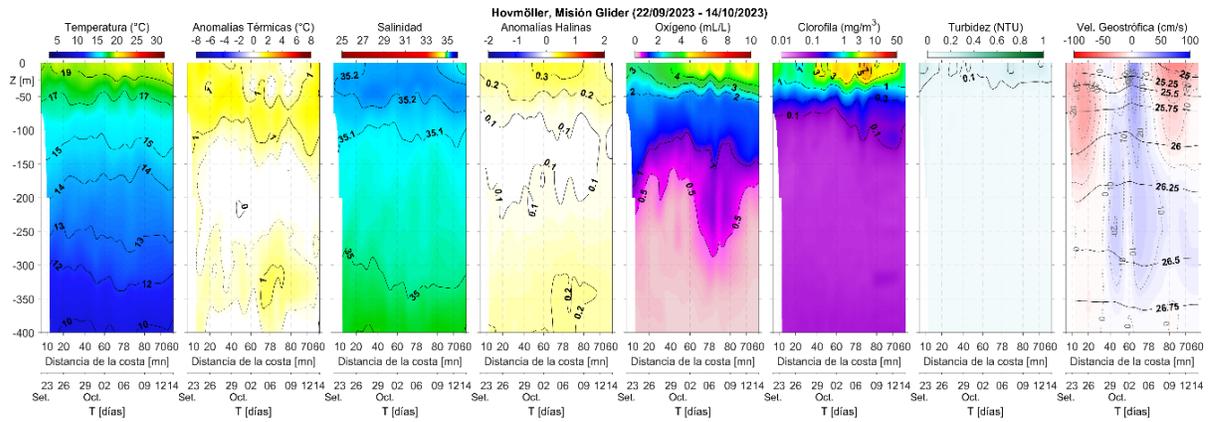


Figura 20. Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L^{-1}), clorofila (mg m^{-3}), turbidez (NTU) y corrientes geostroficas (cm s^{-1}), a partir de los datos registrados por el glider Mochica frente a Negritos – Talara (entrada y salida), registrados desde el 22 de setiembre hasta el 14 de octubre.

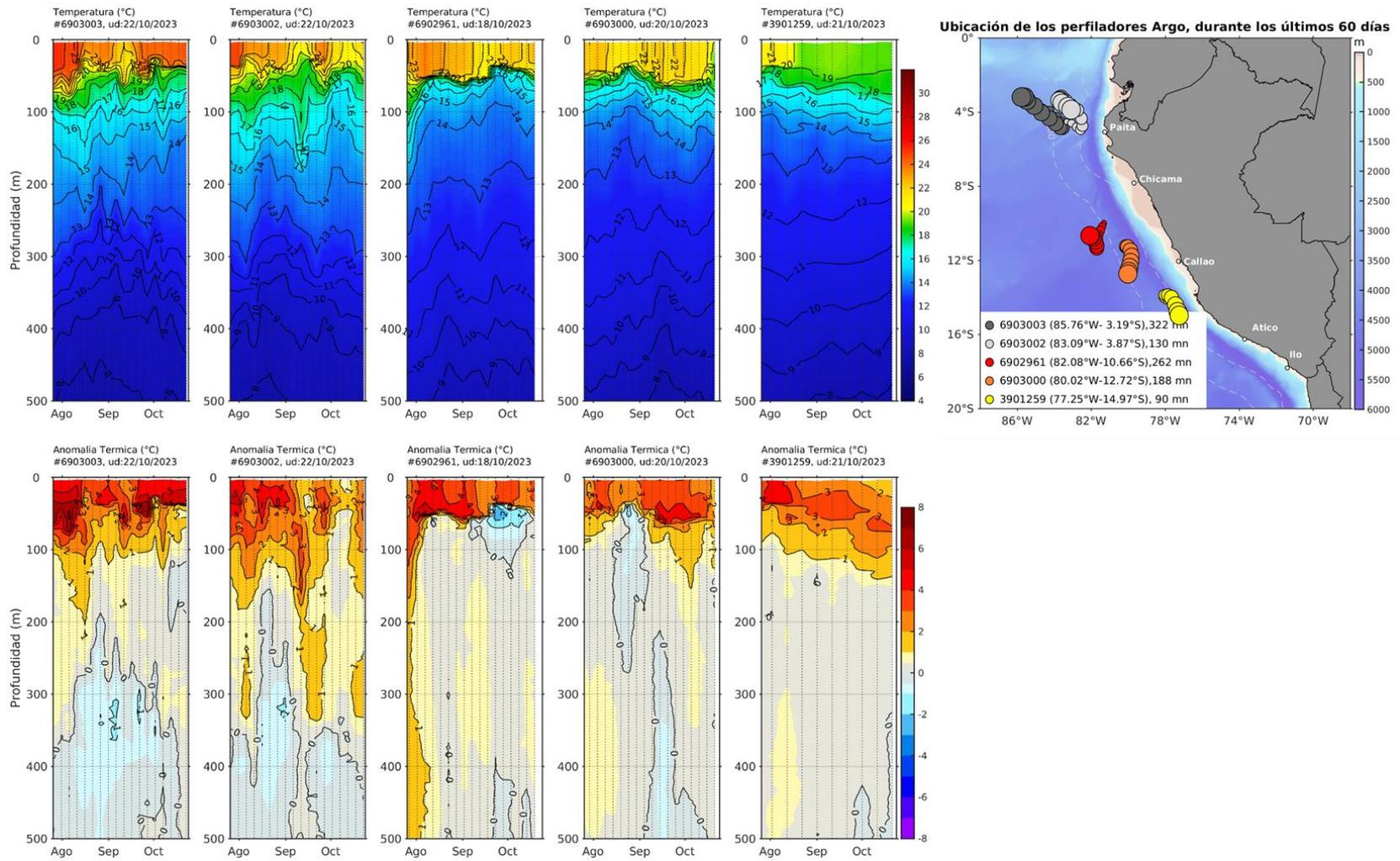
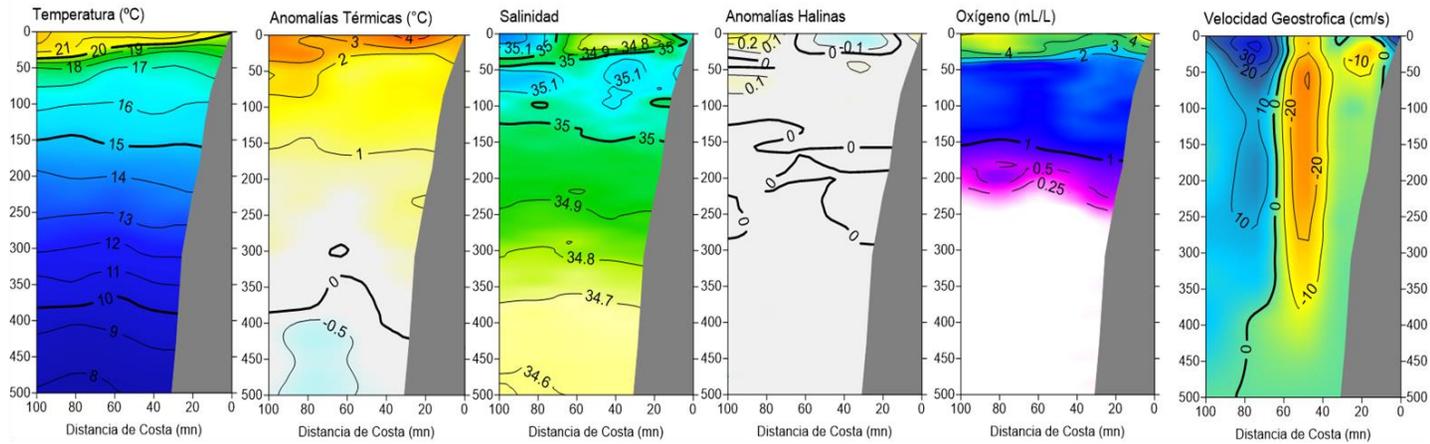


Figura 21. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (setiembre-octubre). Climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIQ/DGIOCC/IMARPE

a)

SECCIÓN PAITA (23-24 de octubre del 2023)



b)

SECCIÓN CHICAMA (21-22 octubre del 2023)

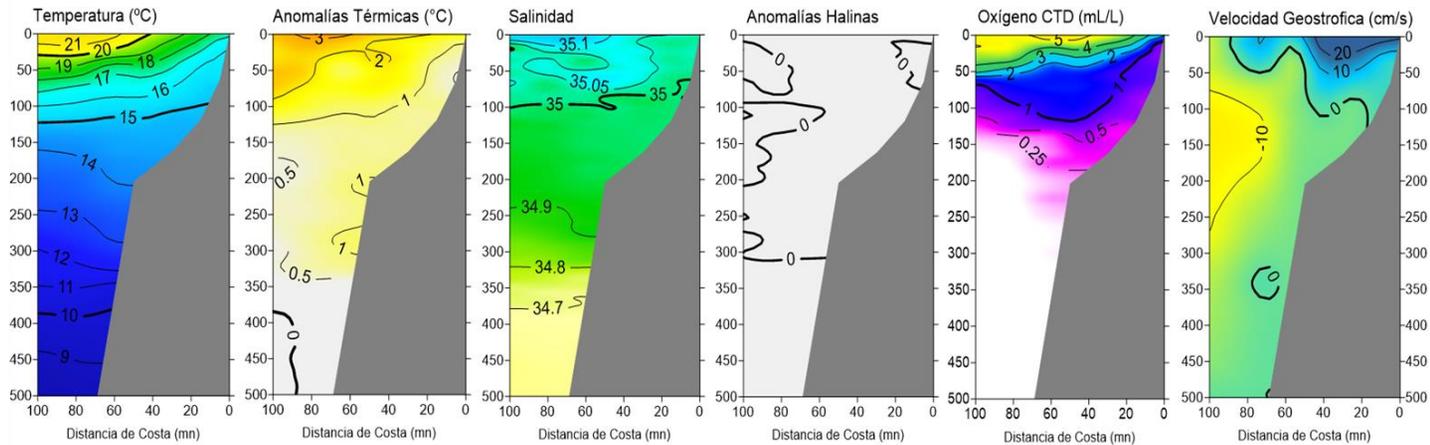


Figura 22. Secciones de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Paíta (23-24 octubre) y b) Chicama (21-22 octubre).

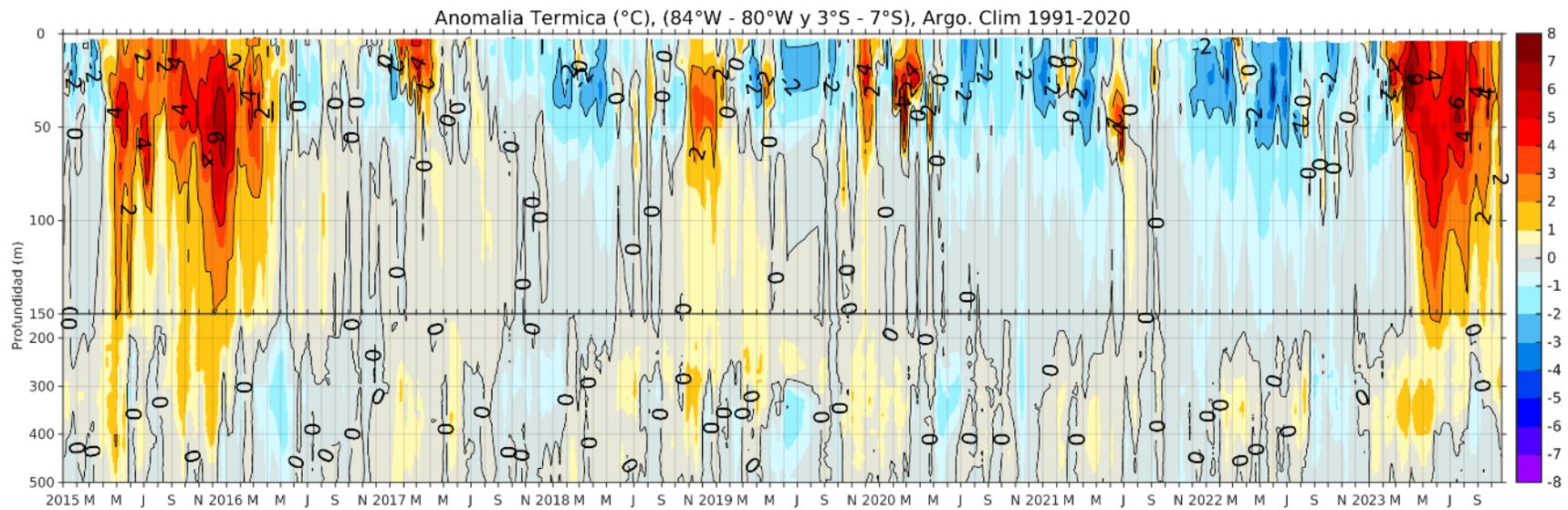


Figura 23. Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte; climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).

Según la información de temperatura del mar, generada por el modelo MERCATOR, en la zona norte (frente a Paita) se observan aún anomalías de temperatura del mar hasta los 350 metros de profundidad, con un núcleo positivo dentro de los 50 metros. El pronóstico a corto plazo de la temperatura subsuperficial indica que, el calentamiento se mantendría hasta cerca de los 120 m de profundidad, disminuyendo sus anomalías en promedio 1 °C dentro de los primeros 50 m de profundidad, pero luego volvería a aumentar (Figura 24).

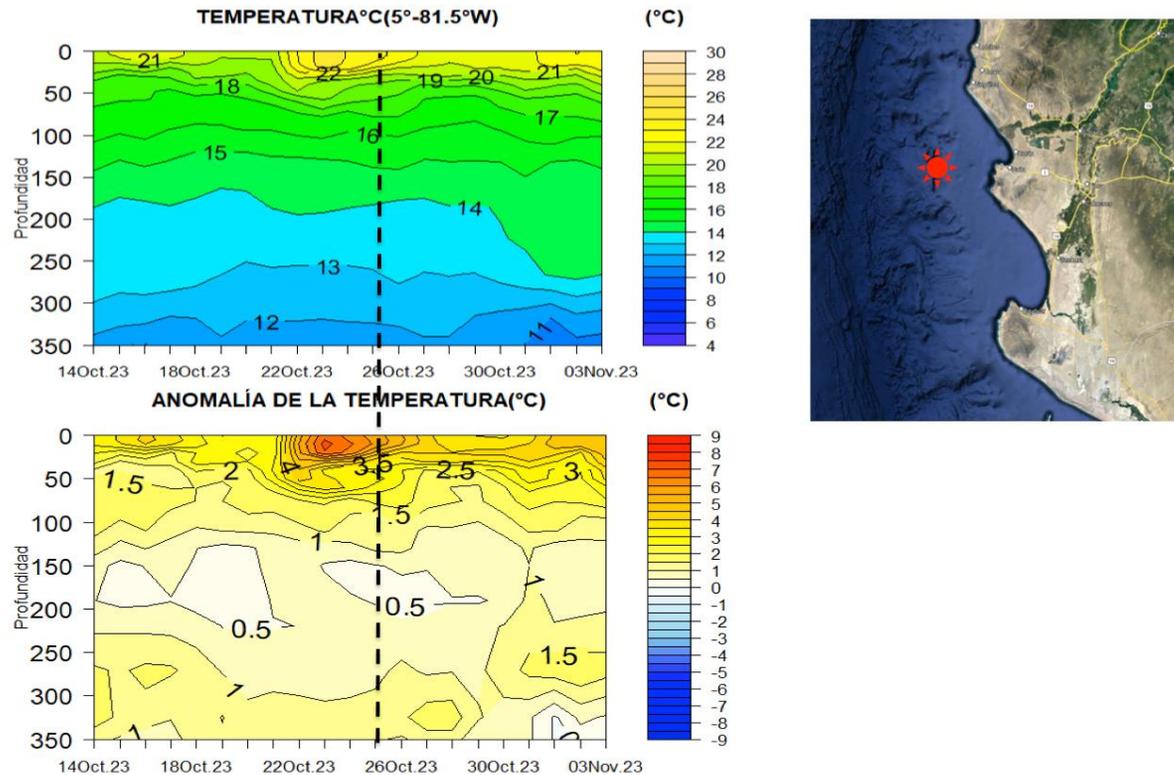


Figura 24. Temperatura del mar y su anomalía frente a la costa norte de Perú y su pronóstico a corto plazo hasta el 03 de noviembre. Fuente: MERCATOR, Procesamiento: DIHIDRONAV.

La salinidad superficial del mar (SSM) durante octubre mostró la permanencia de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS, $S < 33,8$) en el Golfo de Guayaquil y el desplazamiento paulatino de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, $33,8 < S < 34,8$) hacia el sur, en especial durante la última semana de octubre, donde su aproximación pudo haberse dado hasta Paita, según sugiere MERCATOR (**Figura 25**), lo cual coincide con lo registrado en la sección Paita (**Figura 22**) y la disminución de los valores halinos superficiales registrados por los flotadores Argo (**Figura 26**). Entre Punta Falsa y Huanchaco, las ASS mantuvieron su acercamiento inusual hacia la costa, con valores entre 35,1 y 35,3, mientras que, hacia el sur, destacó el incremento de la cobertura de las aguas costeras frías (ACF) y la presencia de amplias zonas de mezcla (ACF+ASS) (**Figura 25**).

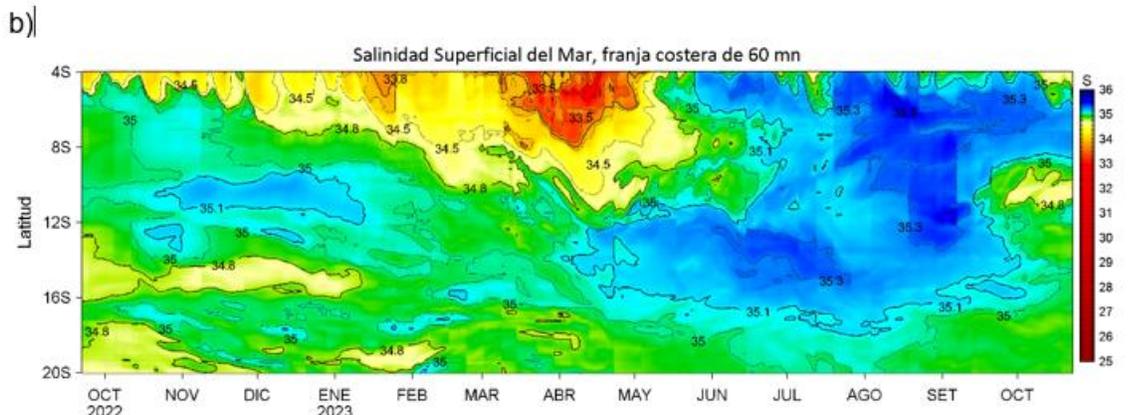
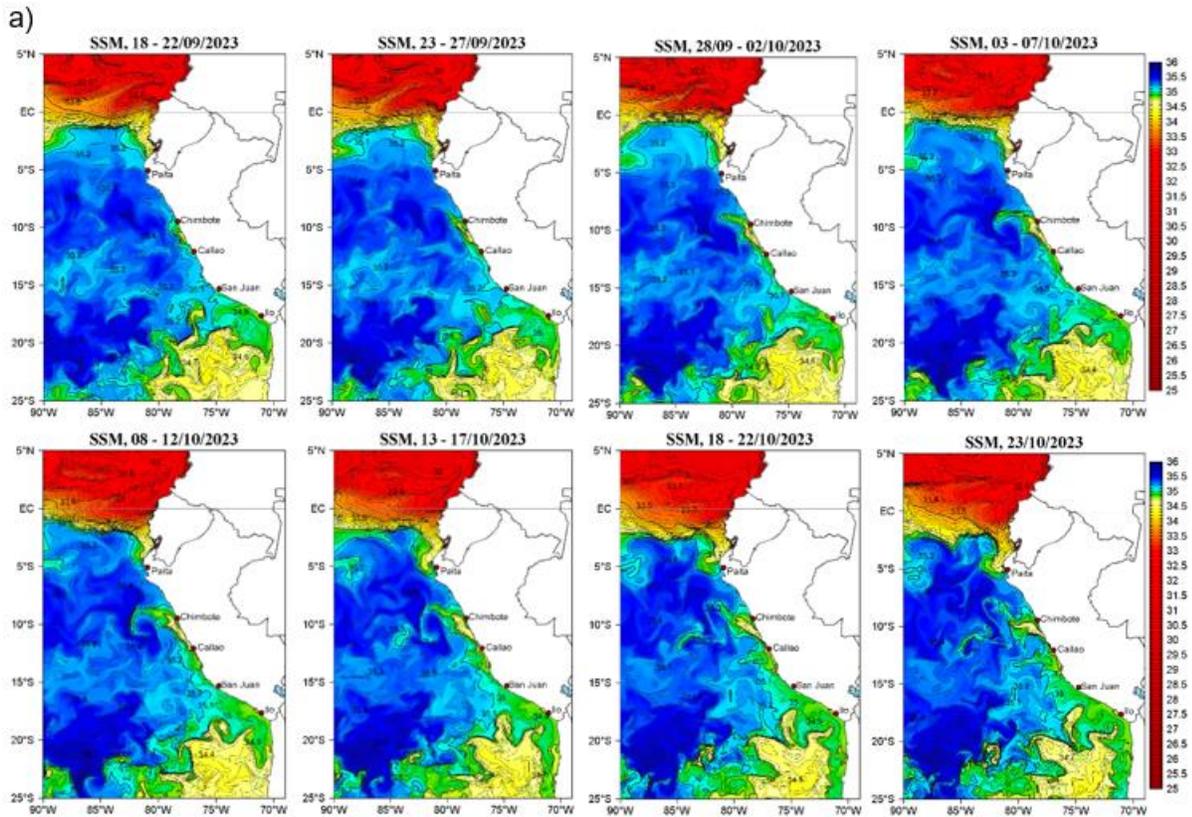


Figura 25. (a) Distribución quincenal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de 7 de setiembre y 9 de octubre del 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 23 de octubre de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE*.

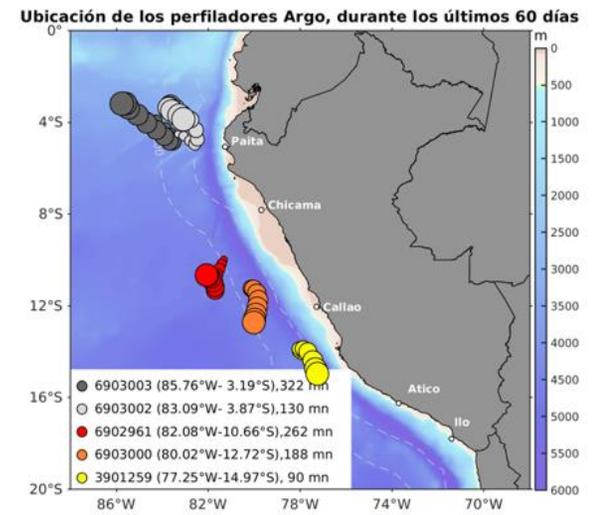
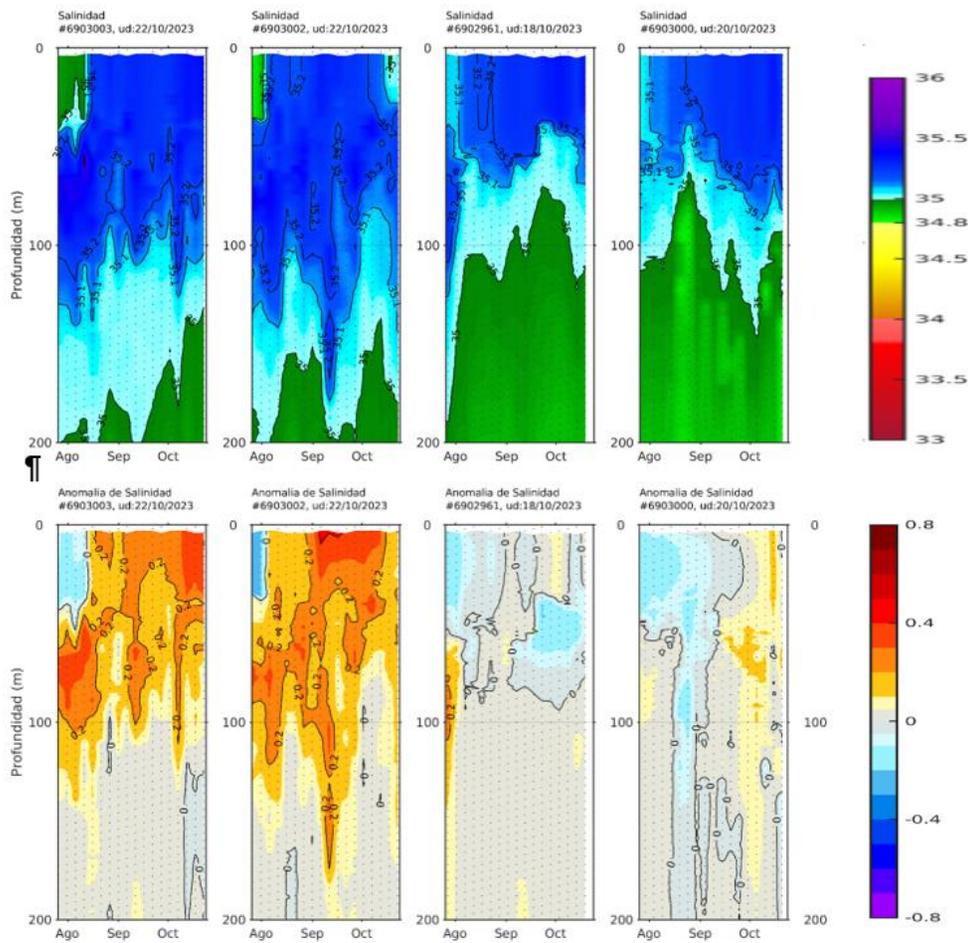


Figura 26. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, durante octubre presentó predominantemente concentraciones de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 40 mn a lo largo de la costa peruana, con un núcleo de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Pisco y muy costero frente a Paita. Esto representó una ligera disminución respecto al mes de setiembre (**Figura 27y Figura 28**). Estas concentraciones correspondieron a anomalías de $-1 \mu\text{g L}^{-1}$, a excepción de frente a Paita y a Pisco, que presentaron anomalías de $+2 \mu\text{g L}^{-1}$ (**Figura 27**). Por otro lado, durante la primera semana de octubre, frente a Negritos – Talara, los datos *in situ* mostraron concentraciones de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ sobre los 25 m de profundidad, las cuales tendieron a disminuir a $1 \mu\text{g L}^{-1}$ en la segunda semana (**Figura 20**).

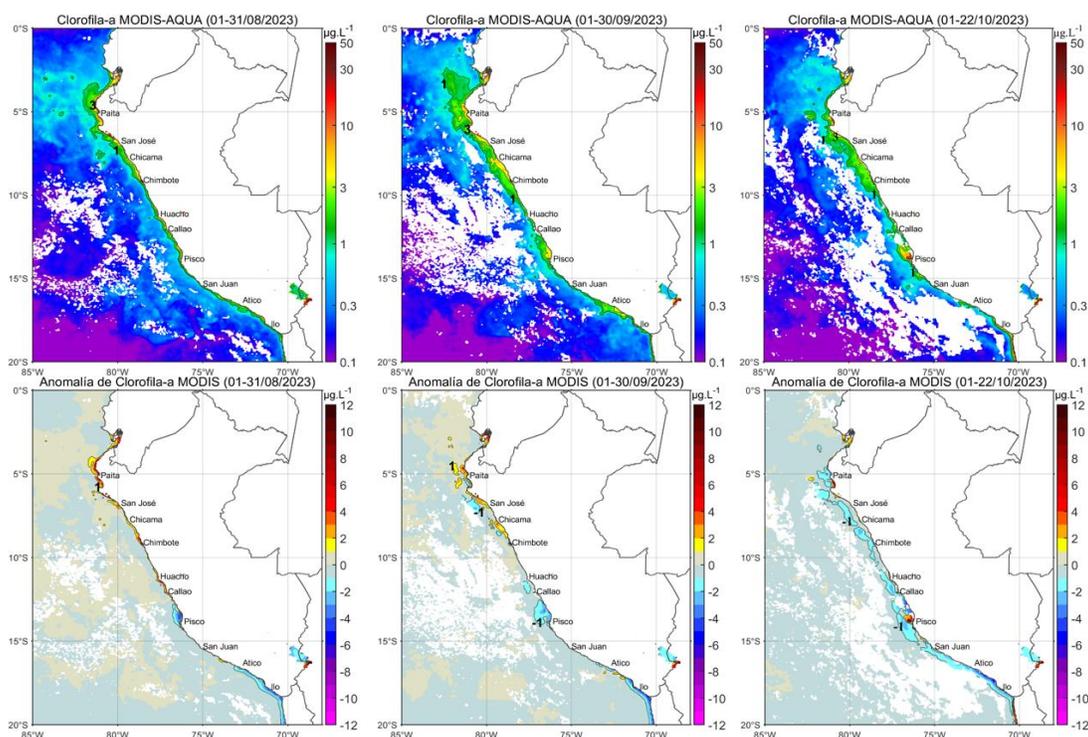


Figura 27. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante agosto, setiembre y lo que va de octubre de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

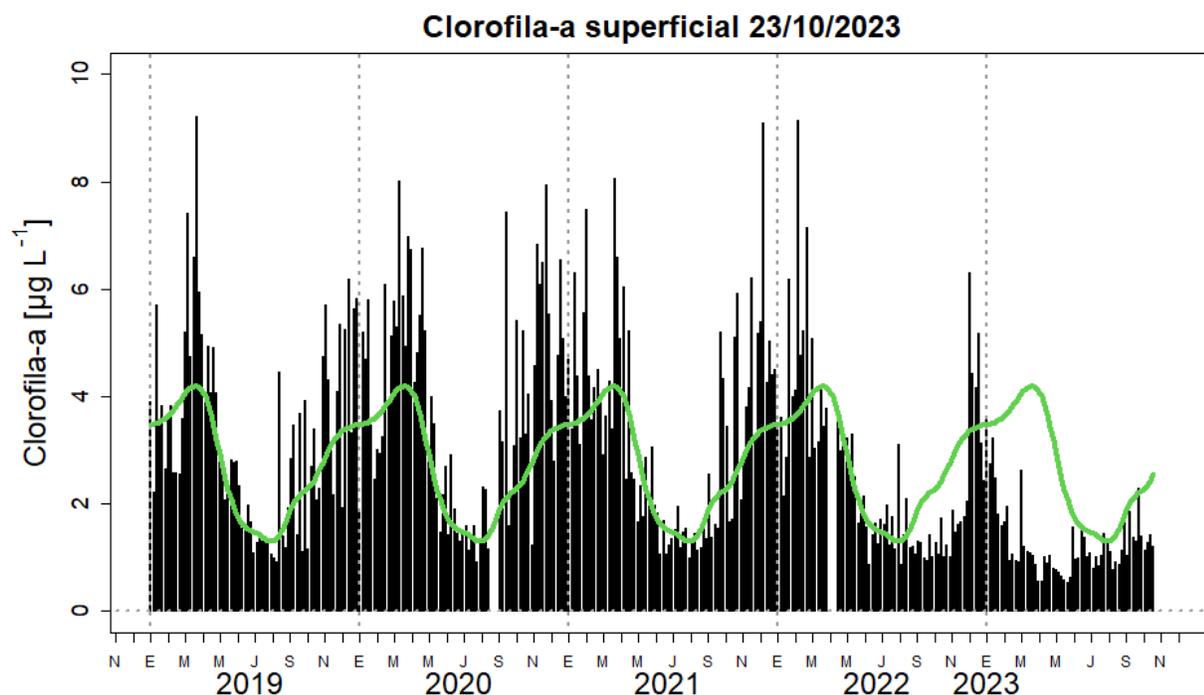


Figura 28. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, el Crucero de Investigación de Recursos Pelágicos (2309-10) evidenció que en la región norte – centro la anchoveta (*Engraulis ringens*) se distribuyó hasta las 60 mn de costa, presentando mayores concentraciones frente a Chicama en el norte y entre Cerro Azul y Pisco en el centro. La estructura de tallas presentó un rango de 6.5 a 15.5 cm longitud total (LT) y un porcentaje de juveniles mayor al 50 % (**Figura 29**), aunque dentro de las 10 mn se registraron lances de pesca con más del 80 % de juveniles. La pesca artesanal registró la presencia de ejemplares con moda adulta en la bahía de Sechura (**Figura 30**). Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro, al 15 de octubre, mostraron el inicio de la declinación de su periodo principal de desove (**Figura 31**).

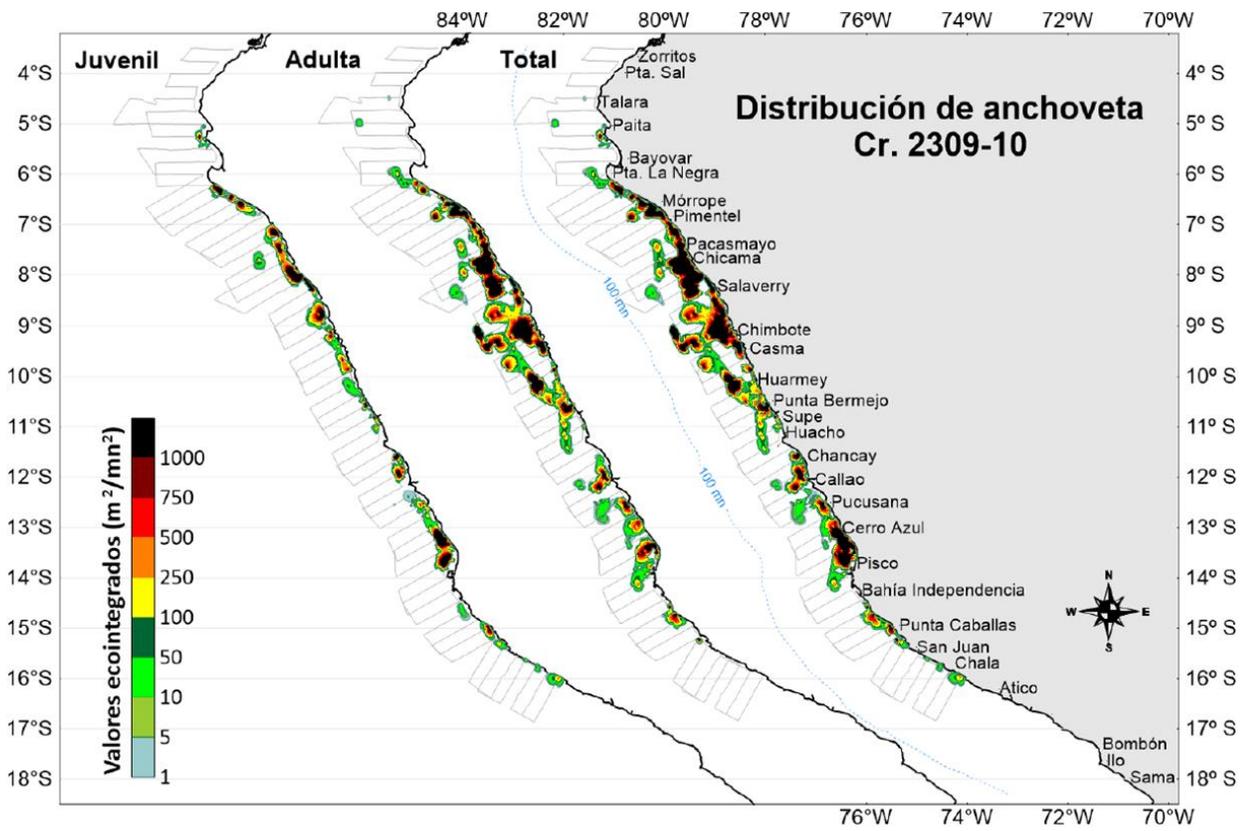


Figura 29. Distribución de anchoveta durante el Cr.2309-10 2023.

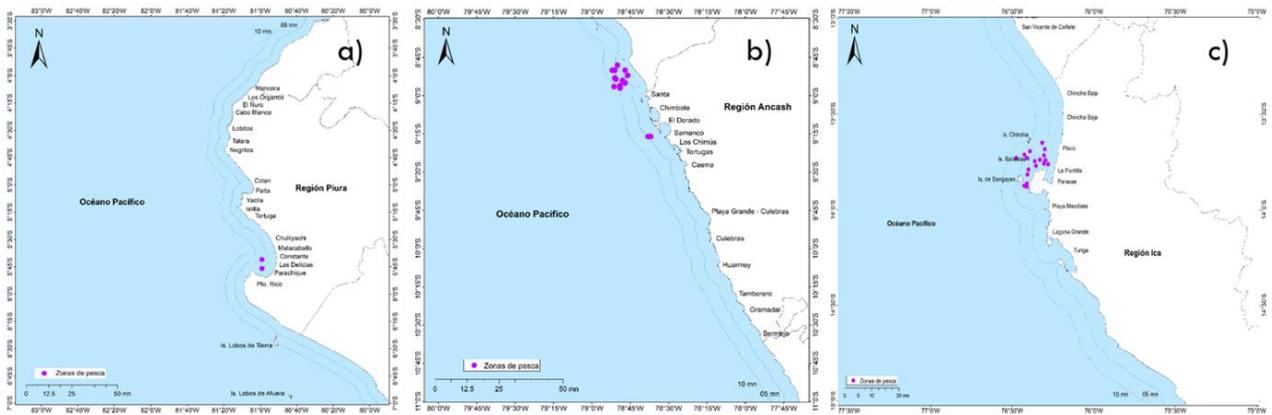


Figura 30. Distribución de la flota artesanal dirigida a la anchoveta durante la segunda quincena octubre 2023.

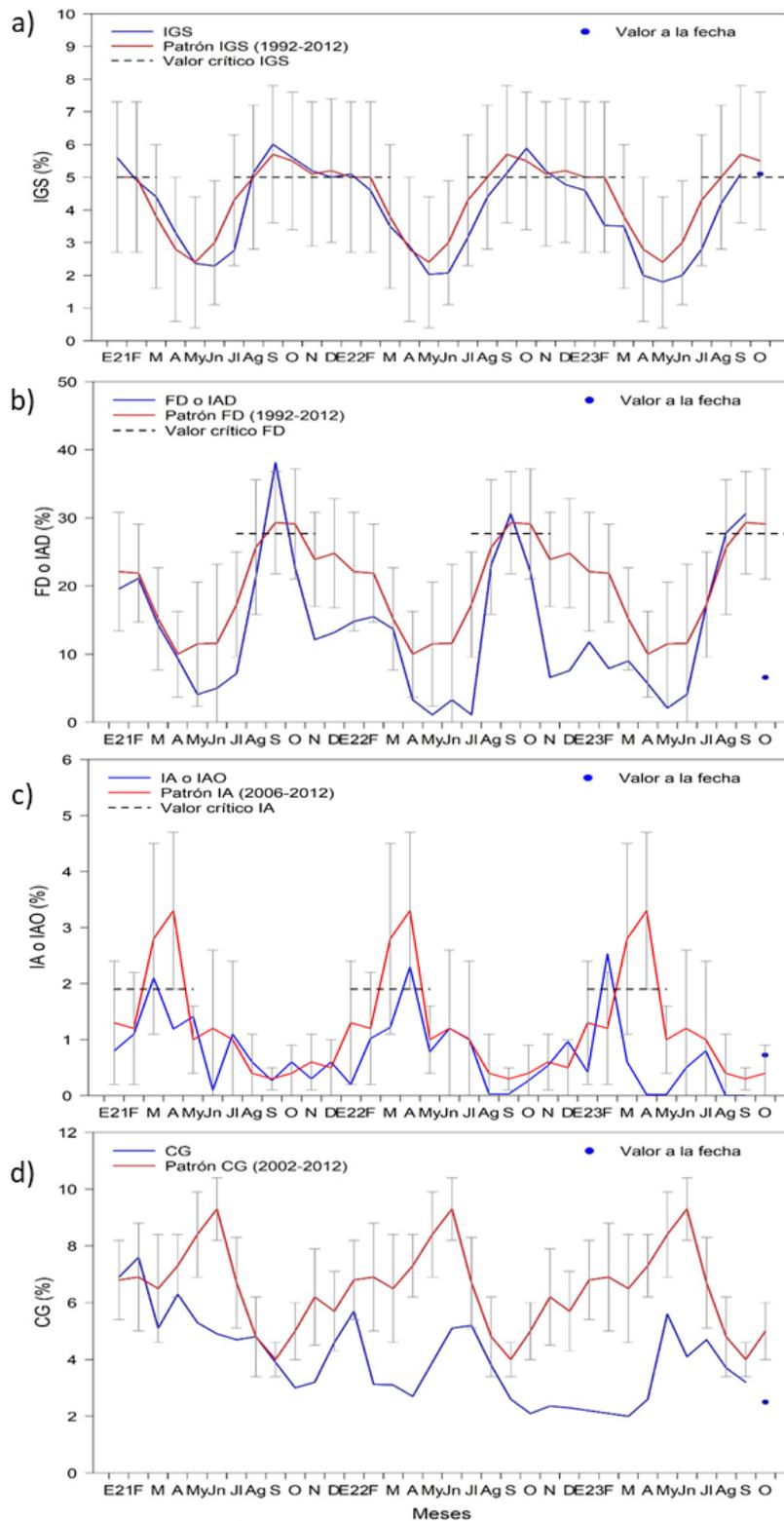


Figura 31. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia e índice somático d) Contenido graso de la anchoveta. Periodo enero del 2021 a octubre del 2023.

En el caso de las especies transzonales, el bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) mantuvo su cobertura, desde Punta Sal (Piura) a Los Palos (Ilo) dentro de las 50 mn de costa.

La concentración de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) continuó disminuyendo desde agosto (**Figura 32**). En cuanto a la condición reproductiva, el bonito mostró importantes procesos de maduración gonadal y desove, propios de su periodo importante de reproducción. El pez oceánico perico (*Coryphaena hippurus*), amplió su distribución respecto al mes anterior, latitudinalmente hacia el sur y presentando un mayor acercamiento a costa (30 mn) (**Figura 33**). El 17 y 19 de octubre se observaron varamientos de anchoveta y múnida, respectivamente, en Cerro Azul, los cuales correspondieron a cambios rápidos de la TSM cerca de la costa.

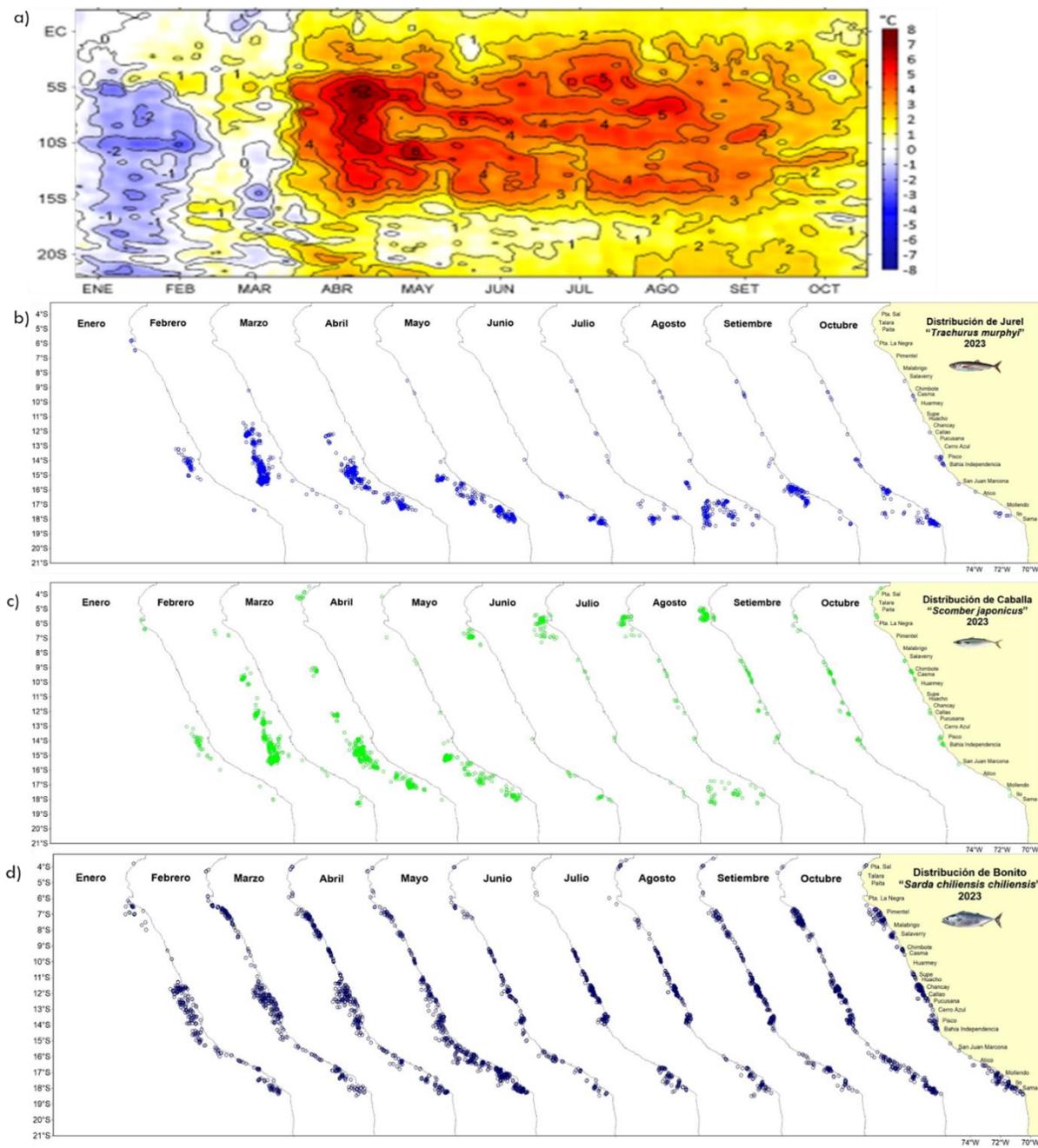


Figura 32. Distribución mensual de recursos transzonales con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) jurel, b) caballa y c) bonito durante enero – octubre 2023.

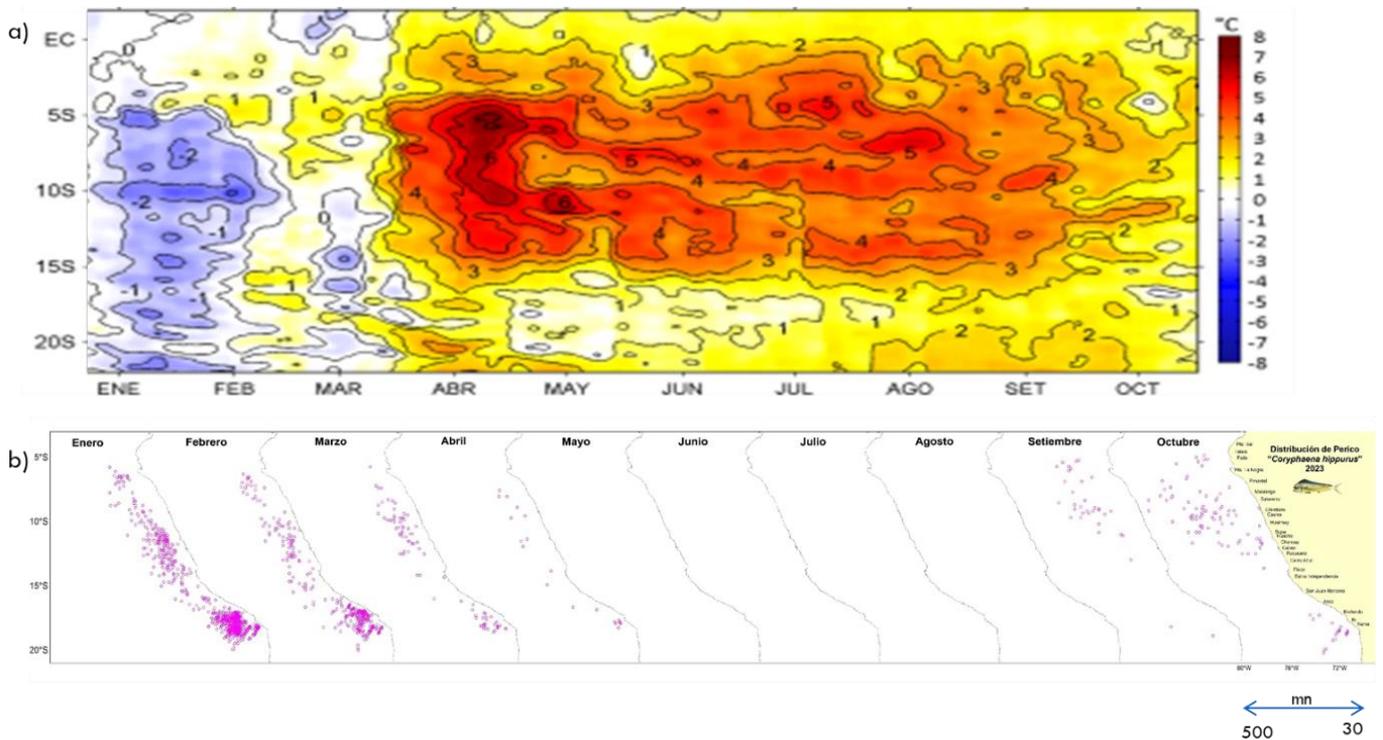


Figura 33. Distribución mensual del recurso oceánico perico con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) puntos de pesca durante enero – octubre 2023.

Respecto a los recursos demersales, del 11 al 23 de octubre, la flota de arrastre industrial que se dedica a la extracción del recurso merluza no desarrolló actividad extractiva. Con respecto a los recursos invertebrados, del 1 al 16 de octubre se observó la disminución de los desembarques del calamar gigante (*Dosidicus gigas*), calamar común (*Doryteuthis gahi*), pulpo (*Octopus mimus*) y langostino café (*Penaeus californiensis*); a diferencia del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) cuyos desembarques se incrementaron. El calamar gigante se encontró distribuido entre el extremo norte (03° 30' S) y Salaverry, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte, entre Punta Sal y Talara (**Figura 34**).

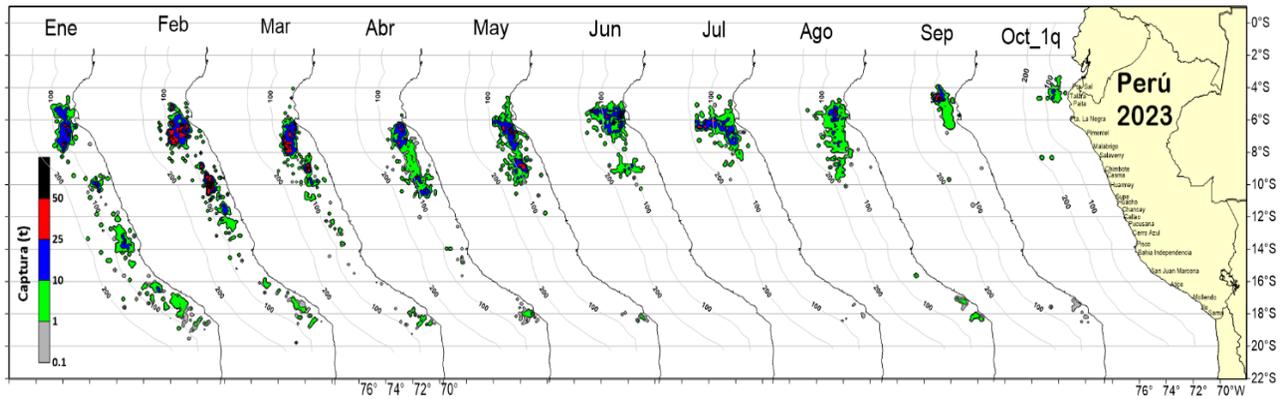


Figura 34. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero al 16 de octubre 2023.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para octubre de 2023, el río Tumbes presenta condiciones hidrológicas ligeramente por encima de lo normal, los ríos de Chira y Piura muestra condiciones normales, mientras que los ríos desde Motupe hasta Ica, presenta caudales sobre lo normal de forma muy notoria a excepción de los ríos Chillón y Rímac que muestran un comportamiento normal, mientras que los ríos de la costa sur, de Acarí a Caplina, predominan caudales normales, con ciertos evento de avenidas no significativas en los ríos de la cuenca de Moquegua, específicamente en la el río Huacarane y Tumulaca.

Mientras que, en las cuencas de la vertiente del Titicaca, que predominan caudales por muy debajo de lo normal, al igual que los ríos de la cuenca del Marañón y Mantaro, mientras que los ríos del Huallaga y Urubamba muestran una tendencia a la normalización, según la época de inicio de incremento del flujo de los ríos, mientras que el río Amazonas continua con caudales por muy debajo de lo normal, con valores dentro de mínimos observados (Tabla 4).

Tabla 4. Caudales de los principales ríos al 10 de octubre del 2023

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)					Prom (m3/s)	Anom (%)
		Oct-23						
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	19.4	18.9	18.9	16.8	16.0	18.0	15.7
	Tumbes El Tigre	21.8	21.8	21.6	20.0	20.0	21.1	32.2
	Chira (ardilla)	22.1	24.0	26.6	20.4	14.8	21.6	-2.0
	Chira (Puente Sullana)	4.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.2	4.0
	Piura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Quiroz	7.6	7.0	10.3	8.8	7.9	8.3	-2.7
	Motupe	0.8	1.4	1.5	1.2		1.2	168.3
	La Leche	3.5	4.4	6.4	2.3		4.2	108.8
	Chancay Lambayeque	8.9	42.1	28.1	18.1	22.0	23.8	125.6
	Zaña	16.1	49.5	49.8	41.8	26.6	36.8	1237.5
	Jequetepeque	3.0	9.9	13.9	9.8	7.0	8.7	146.3
	Chicama (Salinar)	4.4	17.4	14.8	11.3	7.8	11.1	223.7
	Chicama (Tambo)	4.2	12.1	11.8	9.4	7.2	9.0	128.1
Moche	0.2	2.0	2.0	2.2	0.7	1.4	256.2	
Santa	69.6	88.9	94.9	80.8	70.1	80.9	39.8	
Pacífico Centro	Pativilca	19.8	18.9	25.1	23.8	22.9	22.1	44.4
	Huaura	11.2	11.4	13.4	13.6	16.8	13.3	40.1
	Huaral	4.7	3.9	3.4	4.4	4.9	4.3	-16.5
	Chillón	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	-4.8
	Rímac	15.7	15.3	15.6	15.7	14.9	15.4	-3.3
	Lurín	1.6	2.6	2.2	4.9	12.3	4.7	1941.0
	Mala	3.7	7.8	5.0	5.2	10.1	6.3	113.7
	Cañete	15.3	16.2	15.4	16.4	18.3	16.3	48.7
	San Juan	2.9	2.9	3.1	3.8	5.0	3.5	47.0
Pisco	3.5	2.0	8.1	4.6	10.0	5.7	144.7	
Pacífico Sur	Acarí	1.1	0.7	1.0	1.8	3.2	1.6	10.6
	Yauca	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2	-5.1
	Ocoña	30.5	30.7	32.1	30.5	34.4	31.6	-0.1
	Camana	21.2	22.0	21.8	18.7	23.8	21.5	-24.8
	Chili	7.4	7.4	7.1	7.3	7.4	7.3	-3.0
	Huaracane	0.1	0.1	0.1	0.9	0.7	0.4	-14.4
	Torata	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	8.9
	Tumilaca	0.4	0.4	0.4	0.5	1.7	0.7	35.6
	Locumba	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	-45.3
	Sama	0.6	0.6	0.5	0.7		0.6	17.8
Caplina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	-16.2	
Titicaca	Huancané	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	1.1	-54.5
	Ramis	6.0	5.7	5.4	5.1	5.1	5.5	-49.4
	Ilave	4.8	4.7	3.1	1.7	2.3	3.3	-41.4
	Coata	2.0	2.1	1.5	2.0	5.1	2.5	-58.2
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	116.2	117.6	151.8	128.3	132.7	129.3	-145.3
	Marañón (Cumba)	112.7	139.6	203.5	169.6		156.3	-20.4
	Crisnejas (Puente)	3.8	8.4	11.9	5.7	3.3	6.6	-21.4
	Crisnejas (Jesus Tunel)	0.258	4.02	3.698	2.272	1.2	2.3	45.8
	Sisa	6.0	6.3	6.2	8.2	6.4	6.6	-169.7
	Tocache	430.0	789.3	915.4	896.6	1054.6	817.2	-14.8
	Huallaga (Tingo Maria)	140.7	171.8	172.1	251.4	199.8	187.2	-27.3
	Huallaga (Taruca)	19.2	22.0	30.1	34.7	36.1	28.4	-1.6
Mantaro	Mantaro (Pongor)	84.4	87.4	100.8	101.1	102.9	95.3	-8.4
	Mantaro (La Mejorada)	76.8	77.3	85.1	86.3	87.4	82.6	-14.7
	Mantaro (Stuart)	30.4	29.0	36.6	37.2	33.6	33.4	-45.1
	Mantaro (Chulec)	28.3	36.1	40.1	38.7	44.4	37.5	-21.4
Pampas	Pampas	57.4	58.6	70.4	66.7	58.9	62.4	37.6
Apurímac	Apurímac	63.5	61.5	61.5	61.5	56.7	61.0	-19.2
Urubamba	Urubamba (Km 105)	38.2	40.2	39.5	35.3	35.8	37.8	-5.5
	Paucartambo	17.0	19.5	20.7	18.4	17.9	18.7	15.1
	Pisac	29.5	28.5	27.7	25.9	27.5	27.8	-9.0

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)					Prom	Anom
Ríos Navegables	Madre de Dios	1337.9	1602.7	1916.8	1568.9	1391.0	1563.4	-12.9
	Ucayali (msnm)	138.5	139.0	139.7	139.6	139.2	139.2	-0.4
	Marañón (San Regis)	8113.2	8510.0	8735.3	10912.9	10849.7	9424.2	-18.1
	Amazonas (Tanshiyacu)	8719.0	9009.7	8843.0	11588.4	12549.7	10142.0	-41.2

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

Los principales embalses del país, al 24/10/2023 se encuentran al 52.9 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que para la gran mayoría de los embalses siguen con una tendencia descendente, disminuyendo así las reservas para afrontar el siguiente año hidrológico 2023 – 2024, a excepción del embalse Jarumas ubicada en la región de Tacna, que continua con valores muy cercanos al 90 % de su capacidad, mientras los embalses en la sierra centro y sierra sur continúan en sus niveles mínimos históricos (**Tabla 5**).

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 24 de octubre del 2023

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	24-Oct	Piura	445.5	207.7	46.6
	San Lorenzo	24-Oct	Piura	195.6	84.5	43.2
	Tinajones	24-Oct	Lambayeque	331.6	253.7	76.5
	Gallito Ciego	24-Oct	La Libertad	366.1	279.4	76.3
	SUB TOTAL				1338.7	825.3
Costa - Centro	Viconga	24-Oct	Lima	30.0	9.9	33.0
	Sistema Rímac	15-Oct	Lima, Junin	282.4	140.2	49.7
	Choclococha	24-Oct	Ica	131.1	79.9	60.9
	Ccaracocha	24-Oct	Ica	40.0	20.2	50.5
	SUB TOTAL				483.5	250.2
Costa - Sur	Condorama	24-Oct	Arequipa	259.0	128.5	49.6
	El Pañe	24-Oct	Arequipa	99.6	45.6	45.8
	Dique Los Españoles	24-Oct	Arequipa	9.1	3.8	41.8
	Pillones	24-Oct	Arequipa	78.5	21.8	27.8
	El Frayle	24-Oct	Arequipa	127.2	57.6	45.3
	Aguada Blanca	24-Oct	Arequipa	30.4	17.9	58.8
	Chalhuanca	24-Oct	Arequipa	25.0	13.0	52.0
	Bamputañe	24-Oct	Arequipa	40.0	9.9	24.8
	Pasto Grande	24-Oct	Moquegua	200.0	127.8	63.9
	Paucarani	24-Oct	Tacna	10.5	3.3	31.4
	Laguna Aricota	24-Oct	Tacna	280.0	186.4	66.6
	Jarumas	24-Oct	Tacna	13.0	12.0	92.3
SUB TOTAL				1172.4	627.6	53.5
Sierra - Centro	Cuchoquesera	24-Oct	Ayacucho	80.0	27.8	34.8
	Lago Junin	24-Oct	Junin	441.0	75.2	17.1
	SUB TOTAL				521.0	103.0
Sierra - Sur	Lagunillas	24-Oct	Puno	585.1	394.0	67.3
	Sibinacocha	24-Oct	Cusco	110.0	27.9	25.4
	SUB TOTAL				695.1	421.9
Situación Nacional			-	4,210.69	2,228.08	52.9

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas de Alto Piura, las temperaturas cálidas favorecieron la fase de fructificación del mango Edward. En las zonas productoras de Lambayeque, las temperaturas diurnas y nocturnas más cálidas promovieron el cuajado de frutos en el mango Kent, especialmente en predios donde el uso de estrategias de manejo agronómico permitió lograr floraciones significativas; Por el contrario, en predios de pequeños productores, las plantaciones continuaron en la fase de brotamiento vegetativo, mayoritariamente. En los valles de La Leche y Zaña, dichas condiciones térmicas promovieron el inicio y avance de las fases reproductivas del arroz (campaña chica 2023), donde además las precipitaciones entre escasas y ligeras no representaron riesgo fitosanitario; en tanto que, las plantaciones de olivo de la costa sur, iniciaron la fase de cuajado y fructificación en bajo porcentaje, debido a la persistencia de temperaturas cálidas. **(Figura 35).**

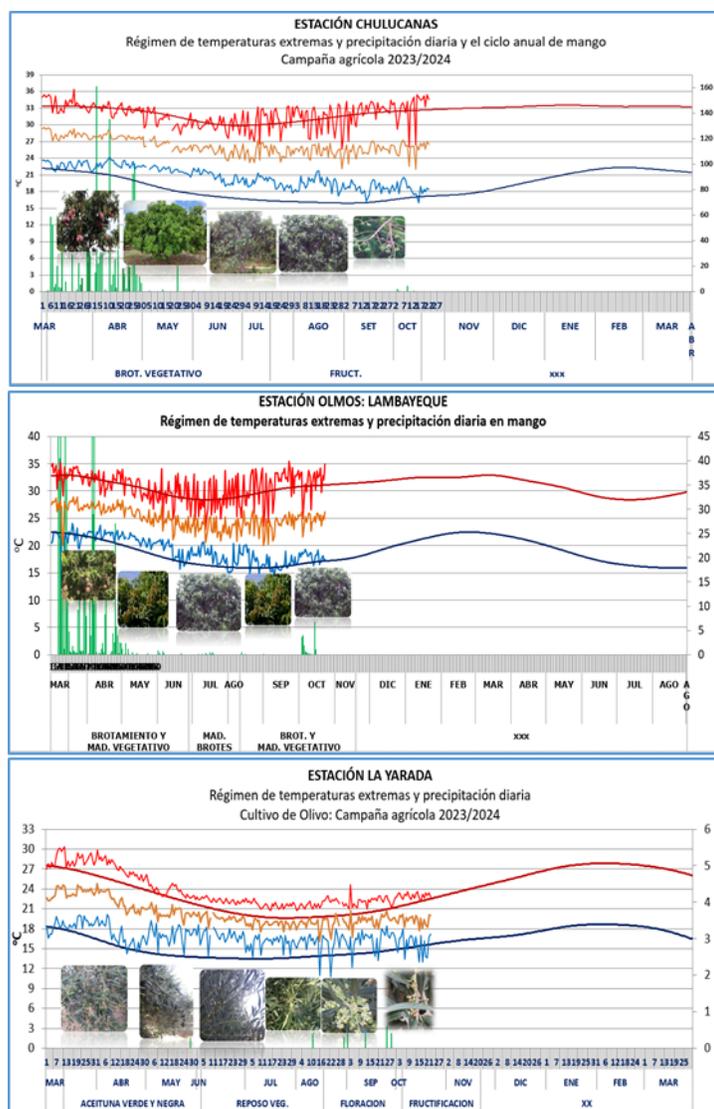


Figura 35. Monitoreo agrometeorológico del mango y el olivo campañas agrícolas 2023/2024 en las estaciones de Jayanca, Chulucanas y La Yarada. Fuente: SENAMHI.

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5–NEMO, NASA–GEOSS2S, GFDL_SPEAR y COLA–RSMAS–CCSM4), con condiciones iniciales de octubre de 2023, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican en promedio la condición cálida fuerte hasta febrero de 2024, entre marzo y abril de 2024 se esperarían condiciones de cálidas moderadas. Finalmente, de mayo a agosto de 2024 se tendrían condiciones de cálidas débiles a neutras (**Tabla 6**).

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

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	1.59	1.65	1.59	1.43	1.27	1.11	0.81	0.40	----	----
CanCM4i	1.83	2.03	2.20	2.30	2.19	1.84	1.25	0.55	-0.24	-0.84
GEM5_NEMO	1.69	1.63	1.42	1.14	0.74	0.29	-0.18	-0.59	-0.90	-1.09
NASA	1.90	2.03	2.01	1.76	1.26	0.71	0.23	----	----	----
GFDL_SPEARE	1.82	1.95	1.96	1.82	1.58	1.30	0.97	0.62	0.35	0.28
COLA	1.41	1.42	1.37	1.25	1.12	1.00	0.90	0.76	0.60	0.41
Promedio										
NMME	1.71	1.78	1.76	1.62	1.36	1.04	0.66	0.35	-0.05	-0.31

La reciente publicación del modelo CFSv2, indica condiciones cálidas fuertes hasta el mes de febrero, condiciones moderadas para marzo y abril, finalmente condiciones cálidas débiles y neutras para los meses de mayo y junio (**Figura 36**).

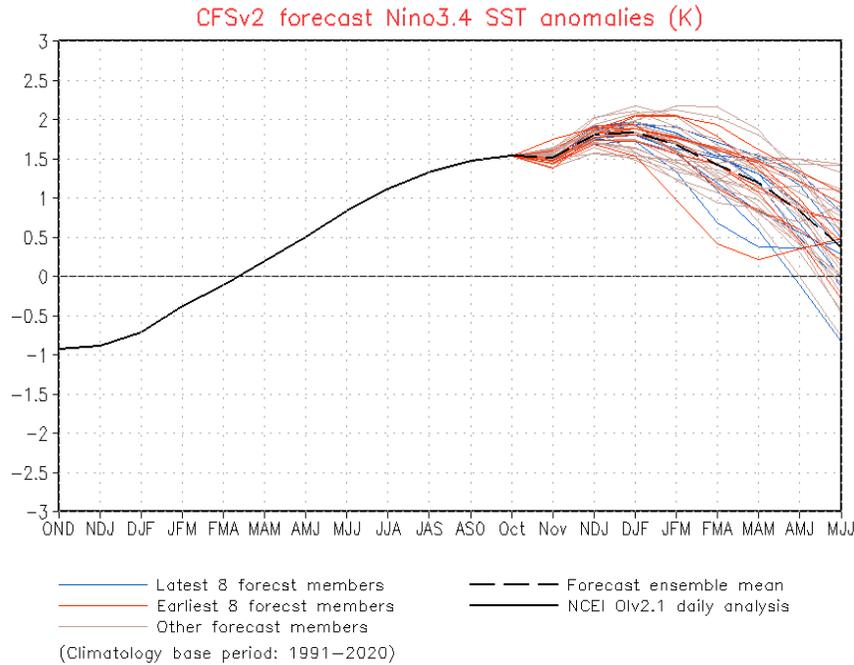


Figura 36. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 3.4

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, la condición cálida fuerte para el mes de noviembre, condiciones cálidas moderadas de diciembre a febrero de 2024, condiciones cálidas débiles de marzo a junio, finalmente para los meses de julio y agosto las condiciones serian neutras (**Tabla 7**)

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

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	1.11	1.24	1.29	1.31	1.14	0.83	0.39	0.01	----	----
CanCM4i	1.88	1.59	1.58	1.64	1.73	1.89	1.82	1.41	0.76	0.32
GEM5_NEMO	1.64	1.29	0.84	0.43	0.07	-0.08	-0.18	-0.31	-0.56	-0.78
NASA	1.59	1.17	0.85	0.52	0.32	0.19	0.16	----	----	-----
GFDL_SPEARE	2.28	2.05	1.71	1.36	1.20	1.20	1.09	0.80	0.49	0.33
COLA	1.55	1.46	1.37	1.22	1.00	0.74	0.57	0.39	0.24	0.12
Promedio										
NMME	1.67	1.47	1.27	1.08	0.91	0.79	0.64	0.46	0.23	0.00

La reciente publicación del pronóstico del modelo CFSv2, indica condiciones cálidas moderadas hasta el mes de febrero, condición cálida débil para los meses de marzo y abril, finalmente condiciones normales para los meses de mayo y junio (Figura 37).

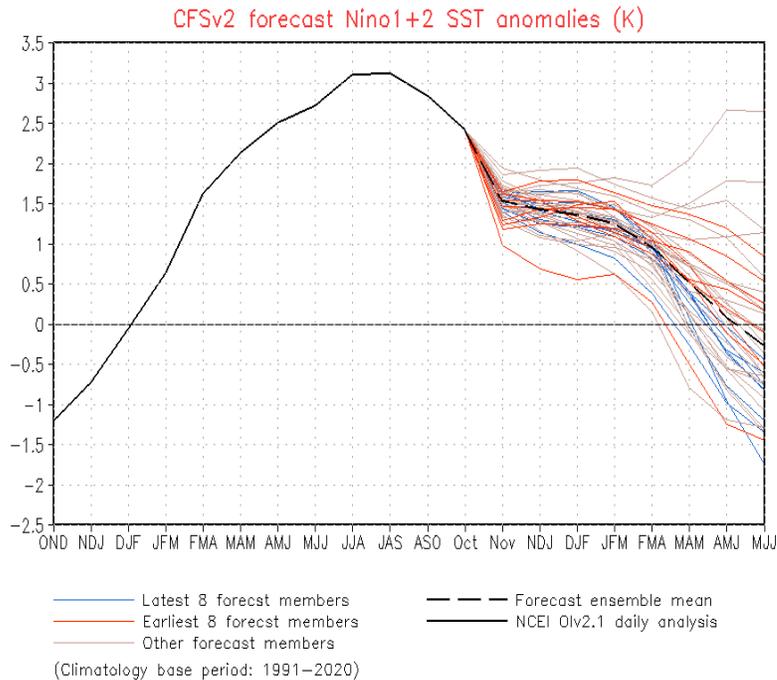


Figura 37. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 1+2

Analizando las proyecciones basadas en los datos observados de la profundidad de la termoclina, se espera aún que la señal de una onda de Kelvin cálida lenta se observe por debajo de la superficie, principalmente **(Figura 4)**. Según los datos de corrientes zonales (figura no mostrada) y de la profundidad de la termoclina se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida durante noviembre. Según los datos de altimetría y profundidad de termoclina, también se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida durante noviembre. La onda de Rossby fría ya habría arribado a la zona occidental y es posible que, según los datos de profundidad de la termoclina, continúe reflejándose en una onda Kelvin fría y de no tener procesos físicos que afecten su trayectoria arribaría a la costa americana a partir de enero. Cabe recalcar, también, que de no verse amortiguada la señal de la onda de Rossby cálida, localizada en 165°W, esta se reflejaría como onda de Kelvin cálida en la zona occidental a fines de año **(Figura 3 y Figura 4)**.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado para el diagnóstico con vientos de ASCAT **(Figura 38)** y luego con vientos igual a cero, muestra a lo largo de la costa peruana la presencia de ondas de Kelvin cálidas durante noviembre y diciembre. Según la simulación con vientos de NCEP **(Figura 39)**, también se observan ondas de Kelvin cálidas a lo largo de la costa, aunque con menor intensidad que las simuladas con ASCAT. Finalmente, la simulación con vientos pronosticados de CFSv2 **(Figura 40)** muestra también ondas de Kelvin cálidas a partir de noviembre, pero a fines de diciembre e inicios de enero se harían más intensas. Hay que tener en cuenta que los vientos de

CFSv2 tienden a cambiar la intensidad de los patrones espaciales pronosticados (a veces el mismo patrón el mismo patrón espacial cambia) cada vez que se genera un nuevo pronóstico.

Según la simulación del modelo de ondas del IMARPE. forzado con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 20 de octubre 2023, entre noviembre 2023 y enero 2024 se espera la llegada a las costas Sudamericanas de dos ondas Kelvin cálidas y una onda Kelvin fría. Además, entre octubre e inicios de noviembre 2023, se espera se complete el arribo de una onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del oeste durante el mes de setiembre. En noviembre, se espera la llegada de otra onda Kelvin cálida (modo 1), generada en el Pacífico ecuatorial central debido a las anomalías de vientos del oeste observadas durante el mes de octubre. Para diciembre, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 1), que fue generada en el Pacífico ecuatorial occidental debido a la reflexión de la onda Rossby fría en setiembre. Por otro lado, entre diciembre 2023 y enero 2024, podría llegar otra onda Kelvin cálida (modo 2), generada por las anomalías de vientos del oeste observadas entre setiembre y octubre en el Pacífico ecuatorial occidental (**Figura**).

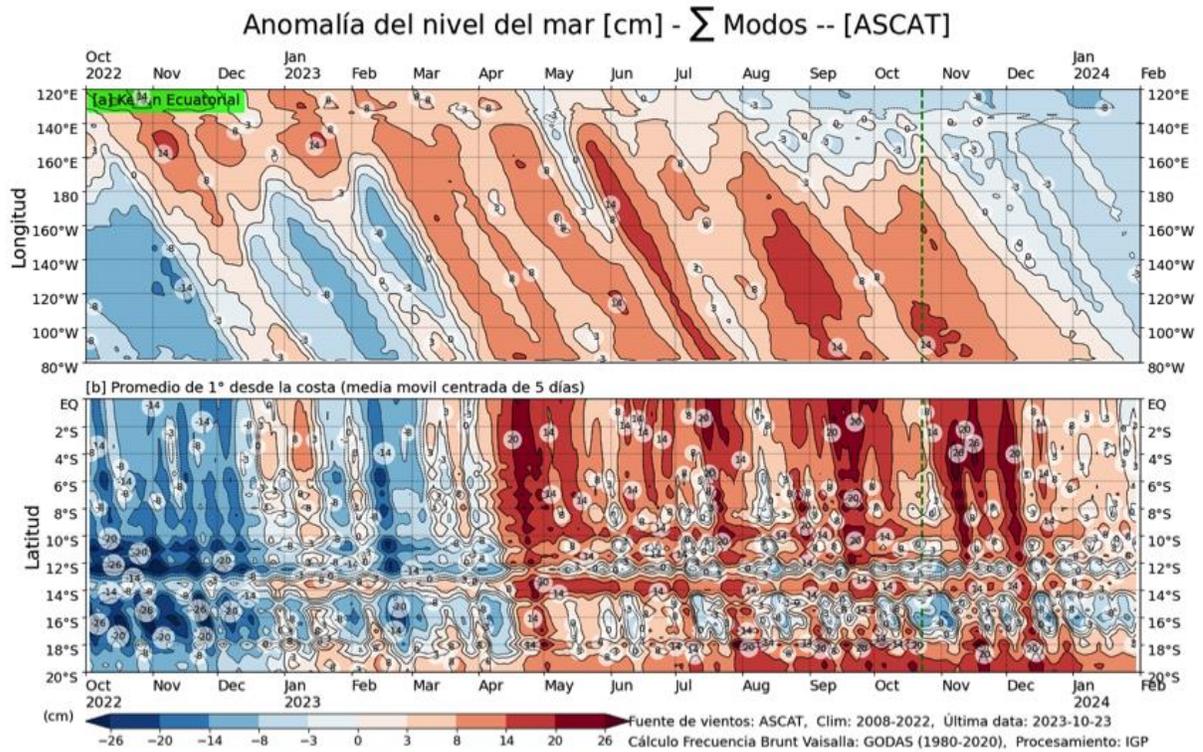


Figura 38. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Elaborado por el IGP.

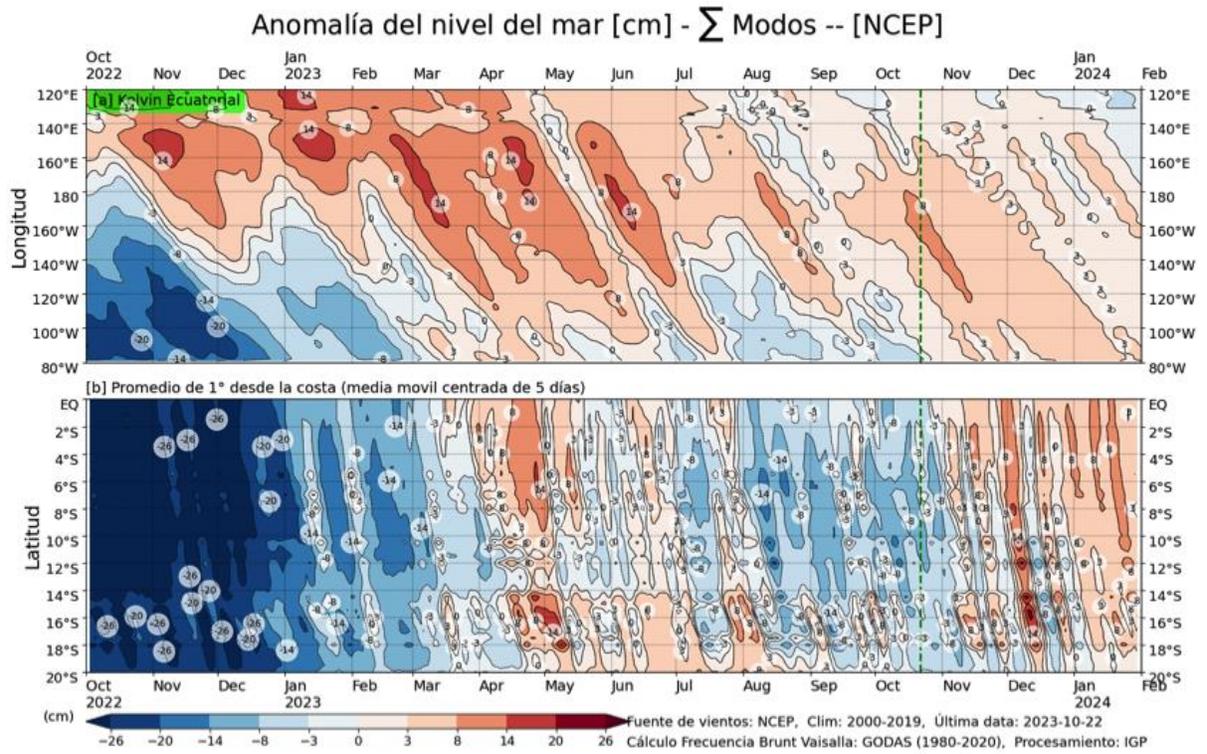


Figura 39. Igual que la Figura 38 pero el modelo es forzado con los vientos del *reanálisis* de NCEP. Elaborado por el IGP.

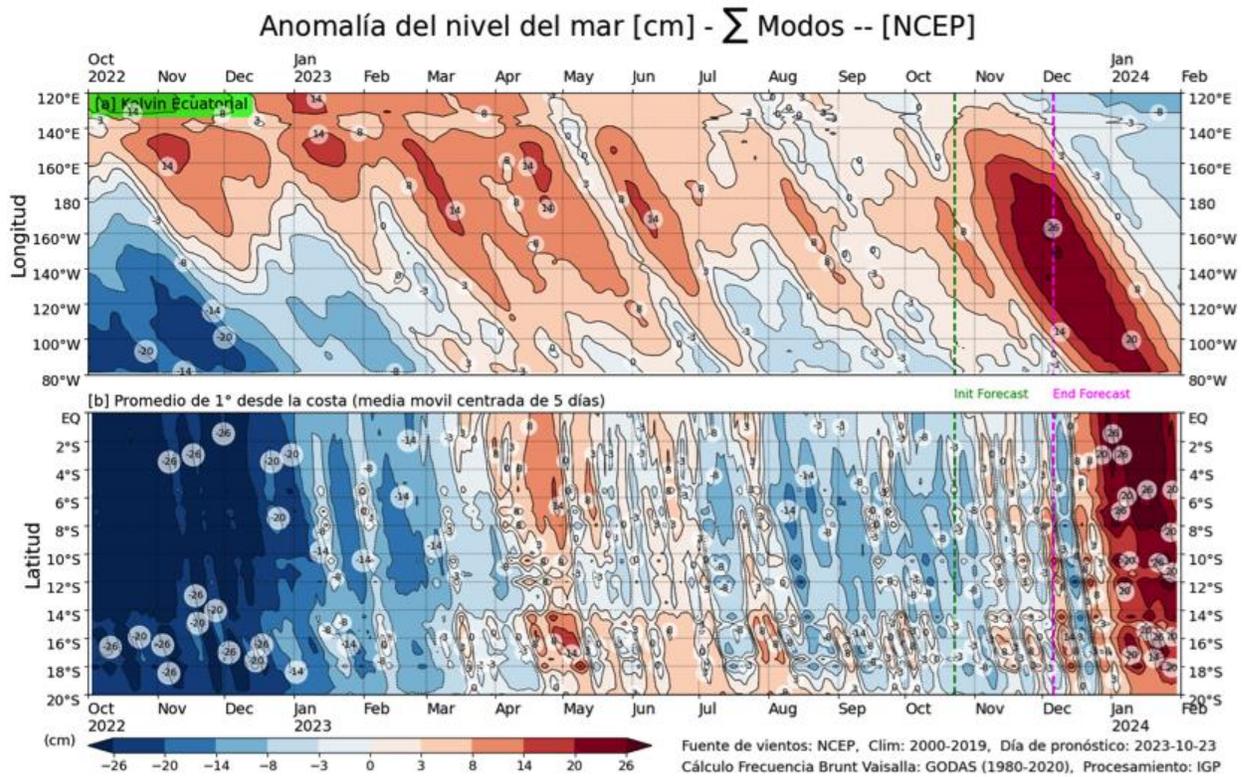


Figura 40. Igual que la Figura 39, pero para el pronóstico de los siguientes 41 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP

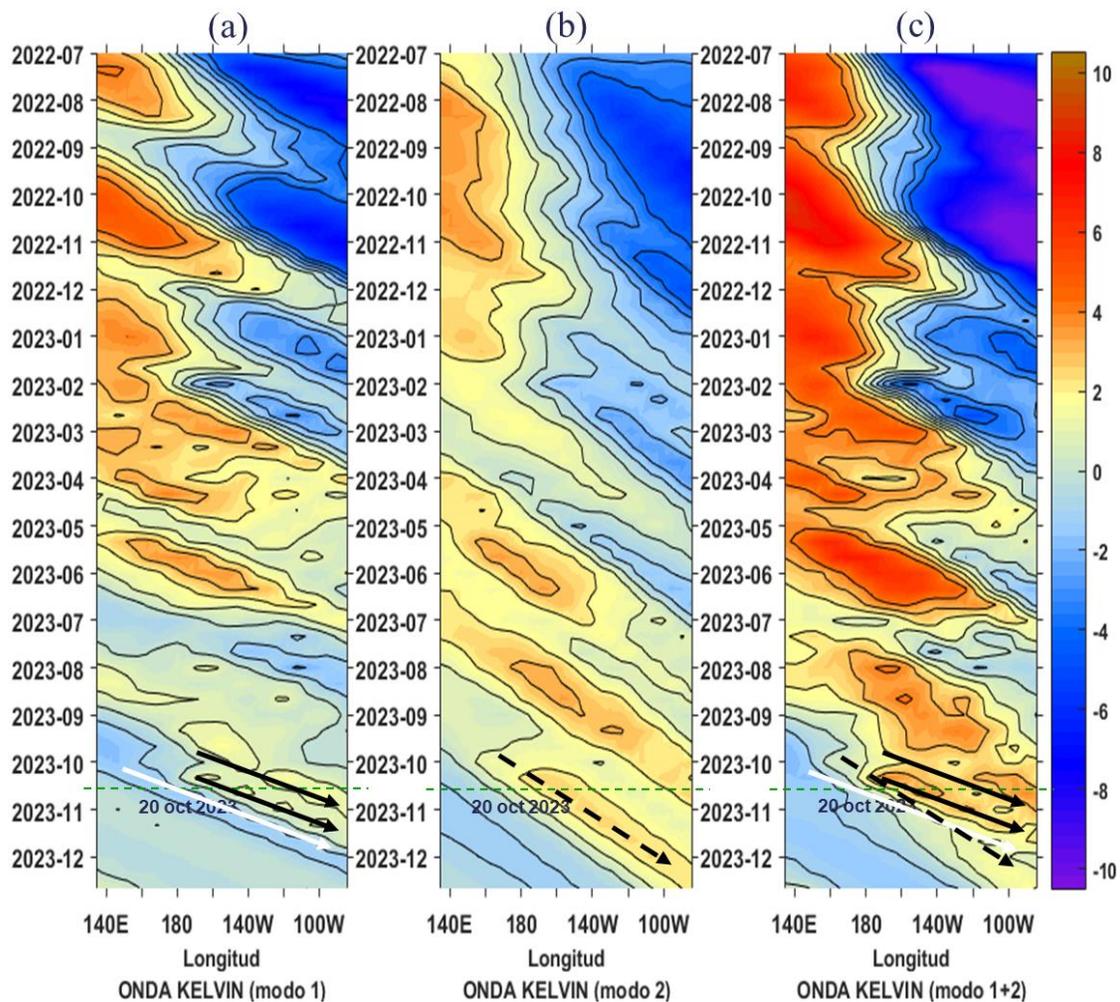


Figura 41 Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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.

De acuerdo a lo expuesto, considerando el análisis de los datos observados, los resultados de los modelos de pronóstico y el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se esperaría para el Pacífico central una mayor probabilidad de condiciones entre cálida moderada y cálida fuerte, hasta marzo de 2024 (**Tabla 8 y Figura 40**). Para el verano 2023-2024, Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico central son fuerte (49%) y moderada (48%) (**Tabla 10**).

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre noviembre y marzo 2024.

Pacífico central	Noviembre (%)	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	0	3
Cálida débil	0	0	1	5	15
Cálida moderado	42	38	41	46	48
Cálida fuerte	56	58	56	48	33
Cálida muy fuerte	2	4	2	1	1

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas fuertes hasta diciembre de 2023 (**Tabla 9 y Figura 40**). Finalmente, para el verano 2023-2024 las magnitudes más probables de El Niño costero son fuerte (49%) y moderada (47 %) (**Tabla 11**).

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre noviembre y marzo 2024.

Pacífico oriental	Noviembre (%)	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	0	1
Cálida débil	0	0	1	2	4
Cálida moderado	34	30	38	47	48
Cálida fuerte	65	68	60	50	45
Cálida extraordinario	1	2	1	1	2

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

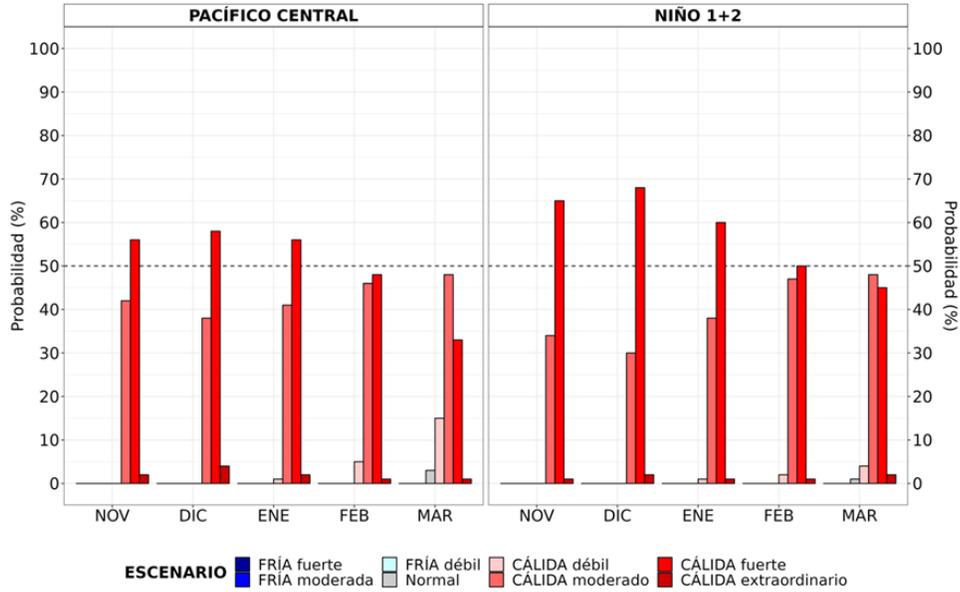


Figura 40. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre noviembre y marzo 2024.

Tabla 10. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) para el verano diciembre 2023-marzo 2024

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	0
La Niña Débil	0
Neutro	0
El Niño Débil	2
El Niño Moderado	48
El Niño Fuerte	49
El Niño Muy fuerte	1

Tabla 11. 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 2023-marzo 2024.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	0
La Niña Débil	0
Neutro	0
El Niño Débil	3
El Niño Moderado	47
El Niño Fuerte	49
El Niño Extraordinario	1

Para el trimestre noviembre 2023 - enero de 2024⁵, se espera la persistencia de las condiciones cálidas de la temperatura del aire a lo largo de la costa; asimismo, es más probable que las lluvias superen sus valores acumulados normales en la costa norte, costa centro y sierra norte, principalmente. Para el verano de 2024, considerando el escenario de lluvias, bajo el escenario de El Niño costero, es probable la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal en la costa norte y central y sierra norte, principalmente, sin descartar lluvias intensas en estos sectores. Por otro lado, considerando el escenario de El Niño en el Pacífico central es probable un escenario de lluvias por debajo de lo normal en la región andina, particularmente en la sierra sur oriental⁶.

En noviembre, los caudales y niveles de los principales ríos del país presentarían valores entre debajo de lo normal y normal; mientras que en la zona noroccidental del país se presentarían caudales por encima de lo normal hacia diciembre. El nivel del lago Titicaca continuaría presentando una tendencia descendente; asimismo, los caudales de los principales ríos afluentes al lago Titicaca presentarían un comportamiento por debajo de lo normal⁷. Para el verano de 2024⁸, bajo el escenario de El Niño, se prevé que en la zona noroccidental del país se presenten caudales por encima de lo normal, con la posibilidad de ocurrir crecidas; sin descartar, además crecidas repentinas en la región hidrográfica del Pacífico centro. Por otro lado, es probable un escenario de caudales bajo lo normal en la zona sur de la región hidrográfica del Pacífico y Titicaca.

⁵ Pronóstico estacional octubre-diciembre de 2023: <https://www.SENAMHI.gob.pe/load/file/02262SENA-40.pdf>

⁶ Escenario probabilístico de lluvias para el verano (enero-marzo) 2024: <https://www.SENAMHI.gob.pe/load/file/02261SENA-12.pdf>

⁷ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional setiembre 2023-enero 2024: <https://www.SENAMHI.gob.pe/load/file/02694SENA-38.pdf>

⁸ Escenarios de las condiciones hidrológicas en un contexto de El Niño: <https://www.gob.pe/institucion/SENAMHI/informes-publicaciones/4553093-escenarios-de-las-condiciones-hidrologicas-en-un-contexto-de-el-nino>

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, para las próximas semanas, se espera que la distribución del stock norte-centro de la anchoveta continúe principalmente dentro de las 40 mn. Continuará la disponibilidad de perico a lo largo del litoral. En cuanto al proceso reproductivo del bonito, este mantendrá la tendencia del patrón histórico con intensificación del desove. Respecto a los recursos demersales, para las próximas semanas se espera que se mantenga la baja disponibilidad de la merluza. Finalmente, el calamar gigante o pota mantendría su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, para las próximas semanas, se espera que la distribución del stock norte-centro de la anchoveta continúe principalmente dentro de las 40 mn. Continuará la disponibilidad de perico a lo largo del litoral. En cuanto al proceso reproductivo del bonito, este mantendrá la tendencia del patrón histórico con intensificación del desove. Respecto a los recursos demersales, para las próximas semanas se espera que se mantenga la baja disponibilidad de la merluza. Finalmente, el calamar gigante o pota mantendría su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que se espera que El Niño costero (región Niño 1+2) continúe por lo menos hasta inicios de otoño de 2024, como consecuencia de la evolución de El Niño en el Pacífico central.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2 es más probable que las condiciones cálidas fuertes se mantengan hasta febrero de 2024. Para el próximo verano, en promedio, las magnitudes más probables de El Niño costero son fuerte (49%) y moderada (47 %).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) se espera que El Niño hasta mediados de otoño de 2024, alcanzando su máxima intensidad a fines de año. Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico central para el verano son fuerte (49%) y moderada (48%).

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con el pronóstico estacional vigente y las proyecciones para el verano de 2024, con la finalidad que se adopten las acciones que correspondan para la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta.

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 10 de noviembre de 2023.

VI. 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
- 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., Tippet, 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 de 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 de 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>
- 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*. CNPq.

VII. ANEXO

Anexo 1: Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES			
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Reanálisis						Modelos						
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Biácoras de Pesca (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS			TRMM-3B42	SeaWiFS + MODIS	GFS
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																					
Radiación de Onda Larga										X										IGP	* http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170E_140W.gif http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170W_100W.gif
Presión Atmosférica												X								SENAMHI	
Vientos												X	X						X	IGP/IMARPE	
Temperatura del Aire	X		X																	SENAMHI	
Precipitación	X										X									SENAMHI	
Precipitación estimada																	X			SENAMHI/IGP	
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																					
Temperatura del Mar	X	X	X	X	X							X			X					DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010, *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,
Nivel medio del Mar	X															X				DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,
Salinidad		X	X	X															X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,
Corrientes Marinas		X																		IMARPE	*Disponible desde los 60s, Frecuencia mensual,
Oxígeno y Nutrientes		X	X	X																IMARPE	*Cruceros disponibles desde los 60s, otras observaciones disponibles desde 2015, Periodo climatológico: 1981-2010,

