

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 9 N°17

09 NOVIEMBRE 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

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)

Dr. Gabriela Teofila Rosas Benancio

Presidenta Ejecutiva, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Ing. Juan Carlos Castro Vargas

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez Lazo

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

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: Grinia Ávalos, Karen León, Yury Escajadillo, Nelson Quispe, Glicerio Canchari

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

IGP: Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes 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°17, Al 09 noviembre de 2023, 59 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en <http://enfen.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: 10 de noviembre de 2023



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 09 de noviembre 2023

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	MÉTODOS	6
2.1.	Variables	6
	Temperatura Superficial del Mar (TSM)	7
2.2.	Índices	7
	Índice Costero El Niño (ICEN)	7
	Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)	8
	Índices reproductivos de anchoveta	8
2.3.	Modelos y Pronósticos	8
	Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)	8
	Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia	8
	Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)	9
	Modelos Climáticos de Agencias Internacionales	9
	Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto	9
III.	CONDICIONES OBSERVADAS AL 09 DE NOVIEMBRE DE 2023	10
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	10
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales	18
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	32
3.4.	Condiciones hidrológicas	42
3.5.	Condiciones agrometeorológicas	44
IV.	PERSPECTIVAS	45
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
VI.	REFERENCIAS	52
VII.	ANEXO	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 técnico científico de la Comisión Multisectorial, considerando los informes mensuales de cada entidad integrante de esta comisión que participa en el monitoreo y pronóstico de las condiciones océano-atmosféricas, así como de sus manifestaciones e impactos en el mar peruano y en el territorio nacional.

II MÉTODOS

Variables

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

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

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

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

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

Índices

Índice Costero El Niño (ICEN)

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

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

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

Índices reproductivos de anchoveta

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

Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

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

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia

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

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

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

Este modelo, al igual que los anteriores, se utiliza para simular principalmente el desarrollo de las ondas Kelvin en el Pacífico ecuatorial y frente a la costa peruana. Para esto, siguiendo la metodología de Dewitte et al. (1999) se obtienen los coeficientes de proyección y velocidades características de cada modo baroclínico del reanálisis 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 09 DE NOVIEMBRE DE 2023

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

La TSM continuó mostrando un calentamiento anómalo en toda la región del Pacífico ecuatorial. En la primera semana de noviembre, las anomalías (**Figura 1**) aumentaron ligeramente respecto a la última semana de octubre (**Figura 1, Tabla 1 y Tabla 2**). Según los datos del OISST semanales, en la región Niño 3.4 se registró la anomalía de 1,8 °C para la primera semana de noviembre; de 2,1 °C en Niño 3 y, de 2,2°C en Niño 1+2 (**Figura 2**).

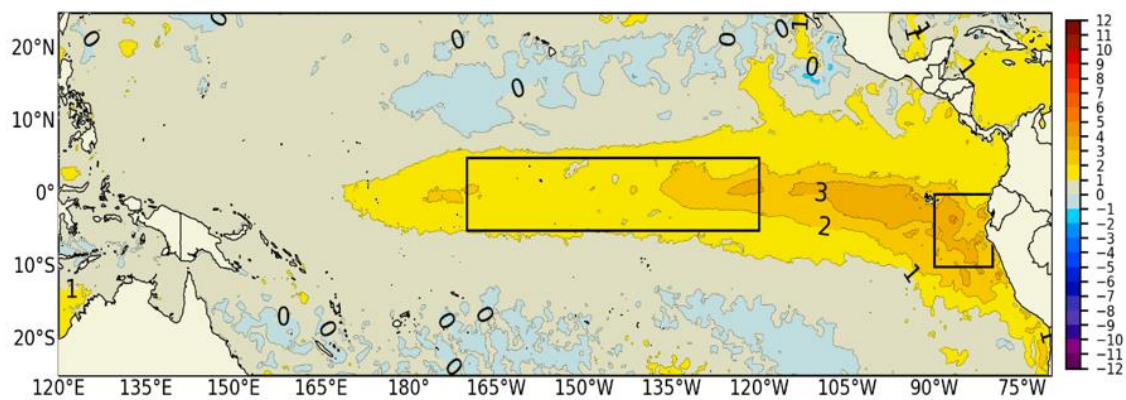


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico tropical del 16 - 31 de octubre. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

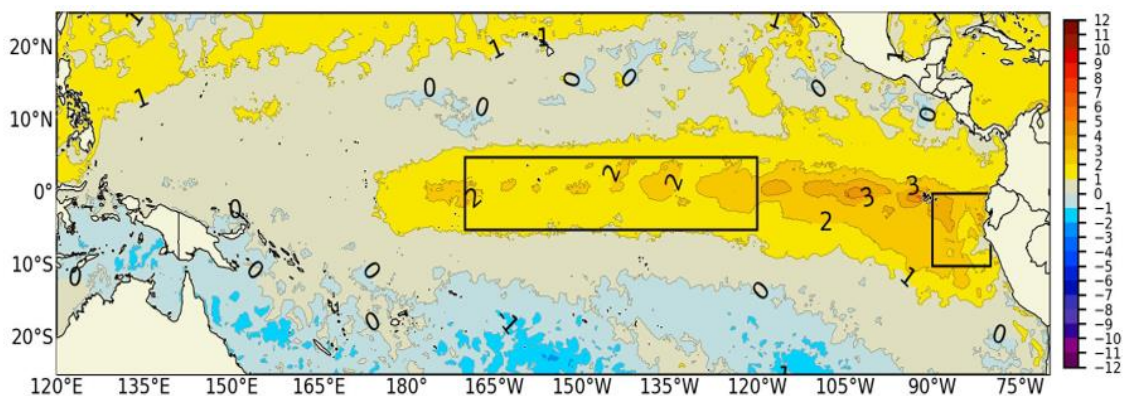


Figura 2. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico del 01 al 08 de noviembre de 2023. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

Tabla 1. 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		
May.23	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	1.02	29.59	0.69	
Ago.	24.29	3.28	27.12	2.00	28.21	1.35	29.72	0.93	
Set.	23.14	2.41	27.01	2.11	28.32	1.60	29.88	1.12	
Oct. 23	23.36	2.34	27.11	2.13	28.38	1.66	29.96	1.20	

Tabla 2. Promedios semanales (centradas en los días 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		
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	
25-Oct-23	23.7	2.6	27.1	2.0	28.4	1.6	29.9	1.3	
01-Nov-23	23.5	2.2	27.2	2.1	28.5	1.8	30.0	1.4	

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de setiembre y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de octubre se ubican dentro de la condición cálida fuerte. Para el caso del ONI, los valores de setiembre y el temporal (ONItmp) de octubre corresponden a las condiciones cálidas fuertes (**Tabla 3**).

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
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
Set-23	2.7	Cálida Fuerte	1.54	Cálida Fuerte
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
Oct-23	2.22	Cálida Fuerte	1.69	Cálida Fuerte

Según la información de la termoclina, la señal de la onda de Kelvin fría se habría debilitado al acercarse a la costa americana. Por otro lado, se observa el desplazamiento de una onda de Kelvin cálida que actualmente se localiza en 160°W. Al parecer, habría una onda de Kelvin fría en el extremo occidental, la cual se localiza en aproximadamente a los 180° (**Figura 3b**). Según altimetría satelital la onda de Kelvin cálida se estaría debilitando conforme se acerca a la costa americana (**Figura 3c**). El paquete de ondas de Rossby frías continúa su arribo en la región occidental y el paquete cálido continúa su desplazamiento hacia el oeste, actualmente se ubica en 180°W (**Figura 4b**).

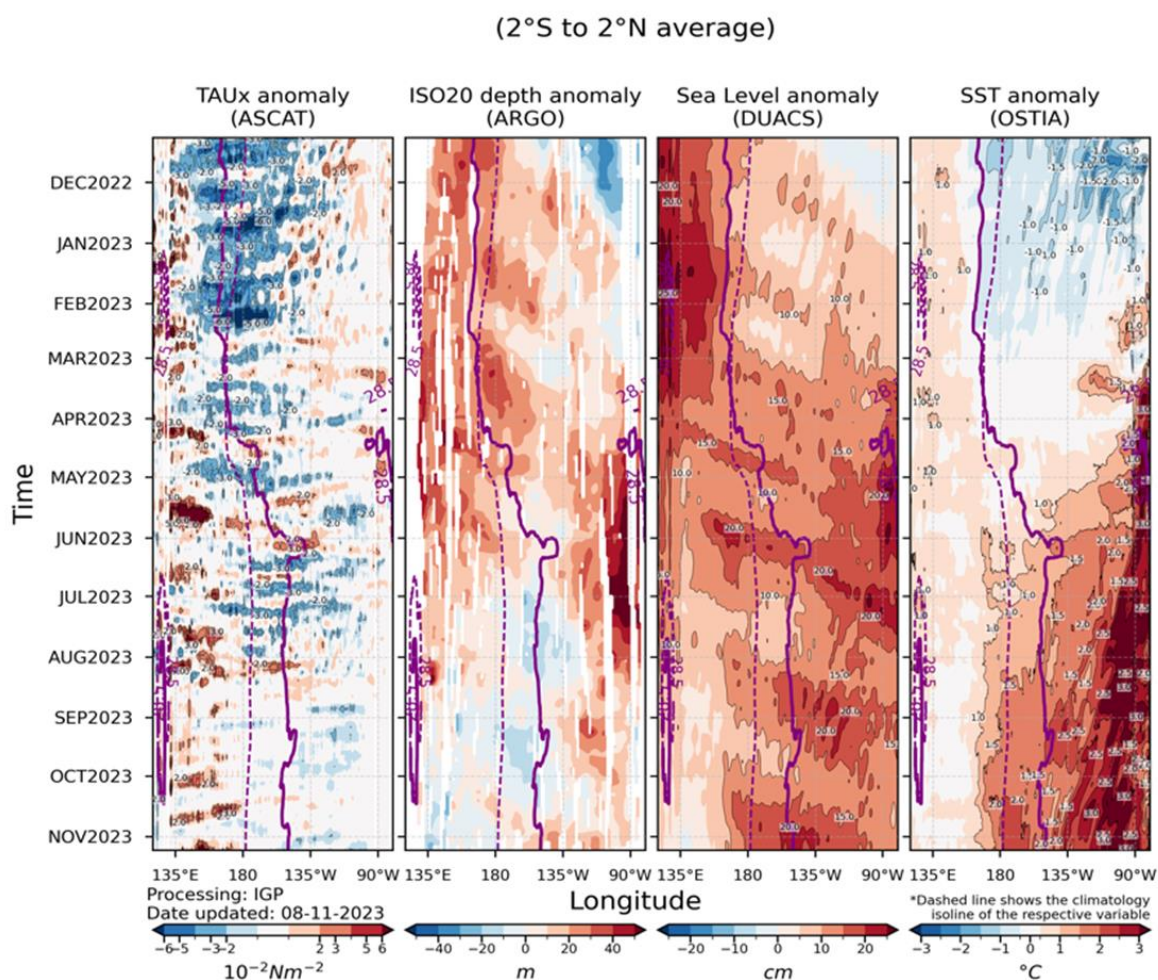


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP

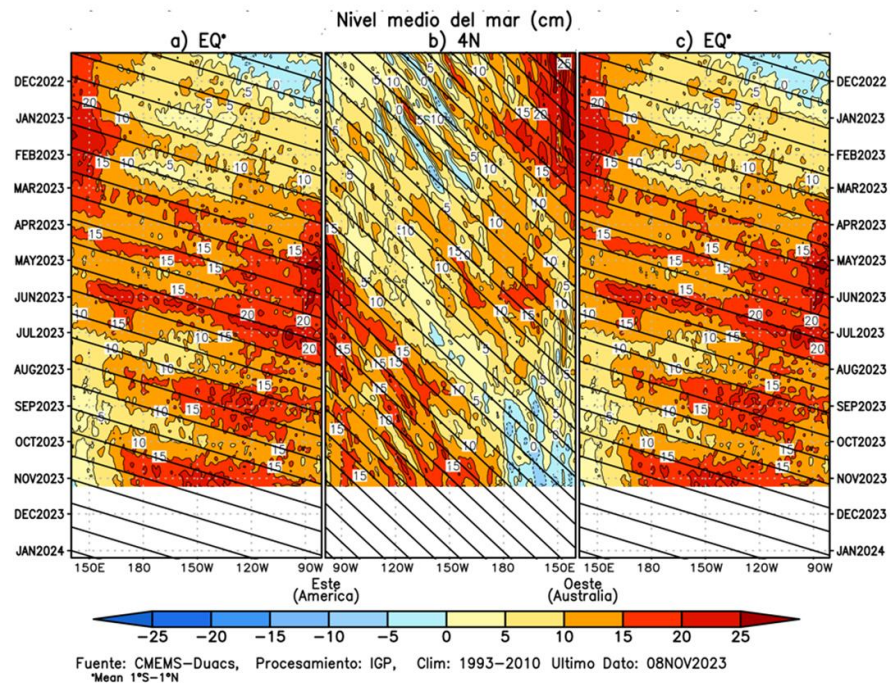


Figura 4. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°N (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras 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 promedio para los primeros 08 días de noviembre, continuaron observándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central y para el sector 150°E-150°W presenta un gradiente importante de presión, el cual favorece que el flujo de viento se mueva hacia el este, así como las anomalías son persistentes del oeste. (Figura 5d). La media móvil del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) al 07 de noviembre, alcanza el valor de -7.53, asociado a las condiciones de presión atmosférica descritas. Por otro lado, el ramal subsidente de la circulación de Walker, sobre los 170°E a los 80°E mostró un incremento sustancial respecto a lo observado en octubre, lo cual estaría también vinculado con la fase positiva de la MJ, estando muy activa en convección (**Figura 5c**).

Para la primera semana de noviembre en promedio, en niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) se observaron anomalías positivas del oeste entre los 150°E y 120°W (**Figura 5b**). En niveles altos de la tropósfera de la franja tropical se observaron anomalías variables para la primera semana de noviembre. Hacia la región sur del Perú, anomalías del oeste /sur hacia la región continental favorecen la sequedad en la zona de análisis favoreciendo escasa ocurrencia de lluvias; mientras que, en la Amazonía central y norte, flujos del este favorecen el ingreso de humeado a la vertiente oriental de Los Andes y la selva alta del Perú. (**Figura 5a**).

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

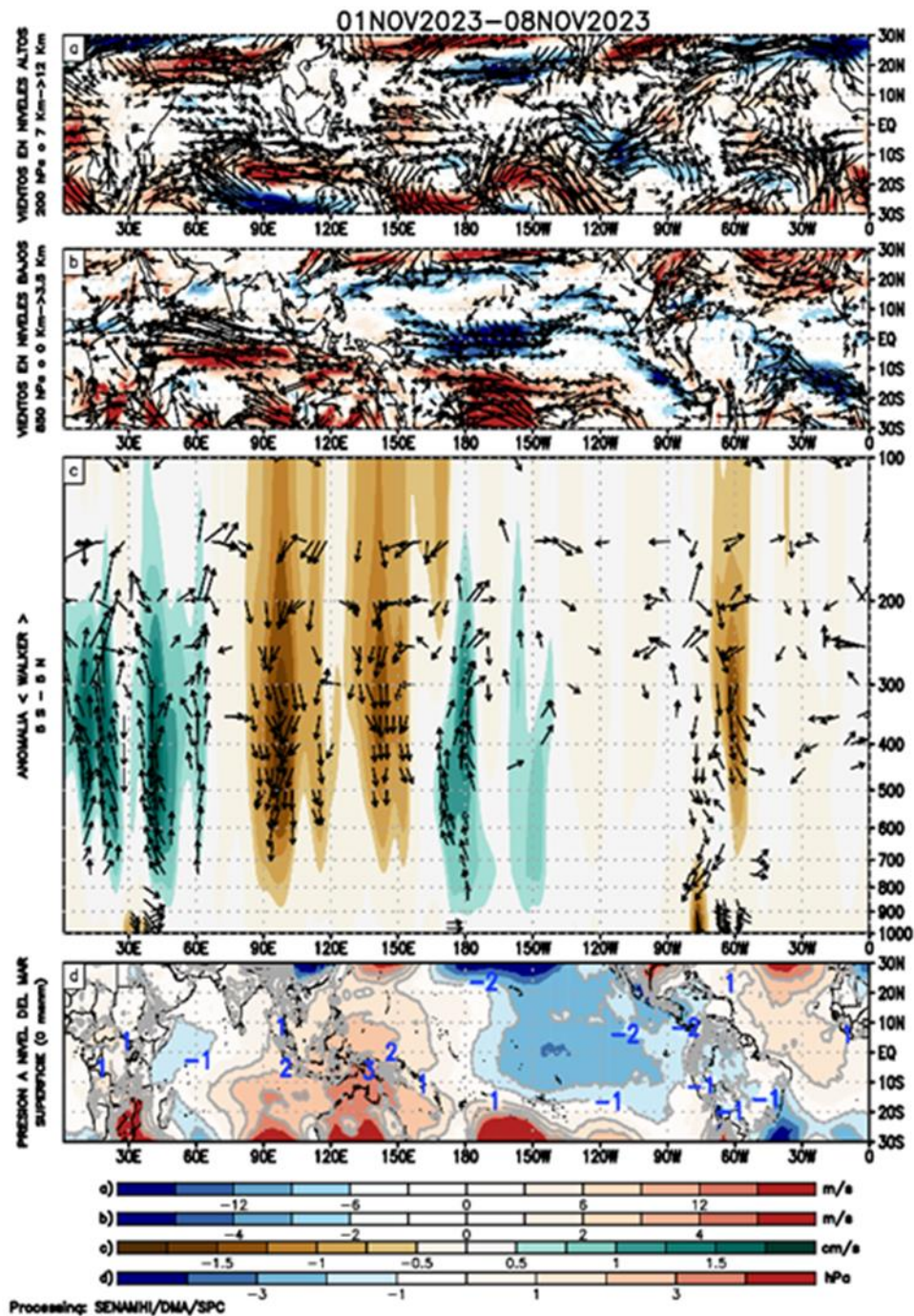


Figura 5. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-08 de noviembre de 2023, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

Entre el 23 de octubre y el 08 de noviembre, 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 6 m/s, mientras que en niveles de 850hPa los valores llegaron hasta los 7 m/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 y ligeramente intensificado. Hacia el mar continental, se observaron anomalías de viento del este, vinculadas 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), existe una buena concordancia para este sector índico y mar continental en el pronóstico. Para la siguiente semana, del 09 al 15 de noviembre, se observa un patrón de anomalías del oeste con valores que llegan hasta 5 m/s para luego, entre el 16 al 25 de noviembre, extenderse hasta los 100°W con anomalías hasta de 6 m/s.

Por otro lado, la MJO mostró su fase subsidente (convergente) en la franja ecuatorial sobre la línea de cambio de fecha que se extiende en el tiempo a los 120°W hasta el 08 de noviembre; mientras que para región continental (Sudamérica) mostró un dominio de la fase convergente (dominio de subsidencia) con algunos episodios de fase divergente que apoyaron a convección en especial sobre la vertiente oriental en los Andes norte del Perú (**Figura 6c**). Los modelos de pronóstico del GFS como el pronóstico extendido del CFS muestra buena concordancia (fase divergente) para región continental (**Figura 6c**).

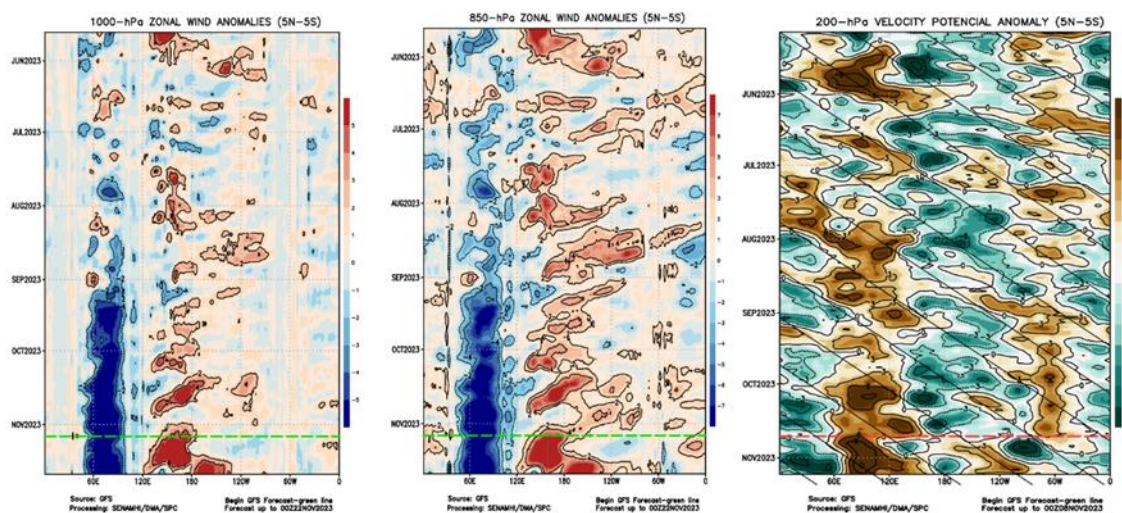


Figura 6. Anomalías promedio, ente los 5°N y 5°S entre 01 al 08 de noviembre de (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. La línea verde muestra el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para lo que va de noviembre, mostró una configuración zonal, con un núcleo hacia el suroeste de hasta 1035 hPa (42°S - 160°W) extendiendo su dorsal hasta la costa chilena (**Figura 7**). La extensión de la dorsal interactuó frente a la costa favoreciendo viento dentro de su variabilidad con episodios de viento intenso de corta duración (1-2 días).

El pronóstico del GFS indica que los vientos alisios para las próximas dos semanas estarían presentándose dentro de su variabilidad y con episodios cortos de anomalías de viento del norte para el periodo que va del 18 al 22 de noviembre, lo que favorecería el ingreso de humedad y aire cálido para el extremo norte de la costa peruana. (**Figura 8, Figura 9**). Para el trimestre ASO, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango normal de intensidad (+0,8 hPa) y se ubicó ligeramente al oeste de lo normal. Con respecto al trimestre JAS, hubo un fortalecimiento de su intensidad y un desplazamiento al suroeste del APS. En octubre, el APS se ubicó en promedio en los 110,0°W y 32,5°S, desplazado al oeste de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1027,6 hPa y una anomalía de +3,3 hPa hPa (**Figura 10**).

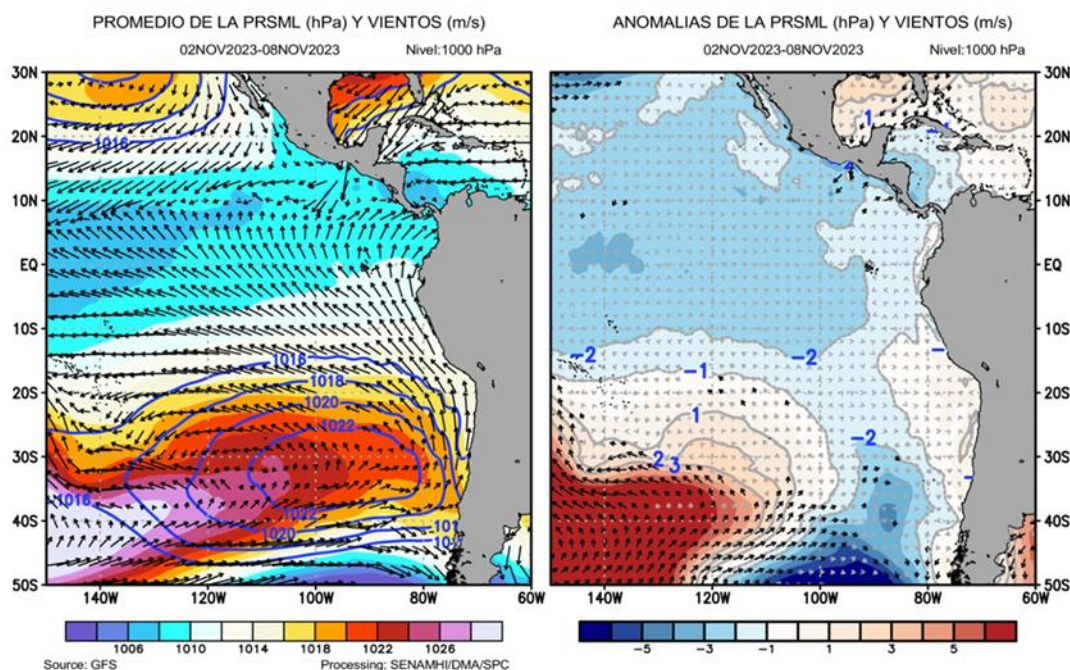


Figura 7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 01 al 08 de noviembre de 2023, a) presión atmosférica climática (líneas azules) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (matiz de colores).

Fuente: GFS. Procesamiento: Senamhi.

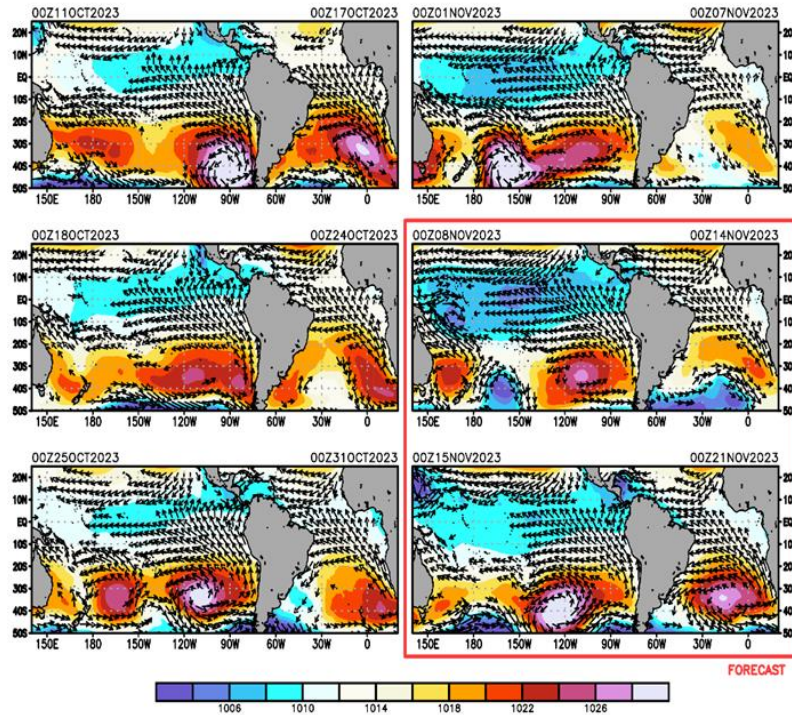


Figura 8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 11 de octubre al 07 de noviembre de 2023. Pronóstico: del 08 de noviembre al 22 de noviembre de 2023. Fuente: GFS. Procesamiento: Senamhi

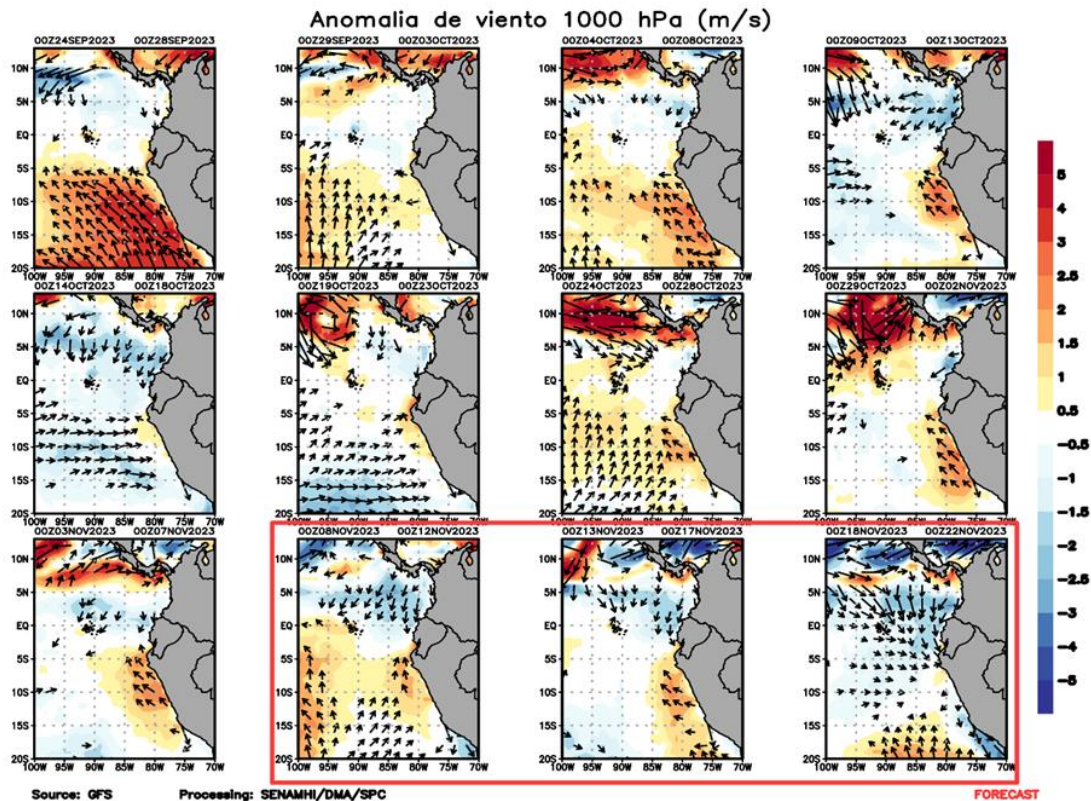


Figura 9. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 24 de setiembre al 07 de noviembre de 2023. Pronóstico: del 08 al 22 de noviembre de 2023. Procesamiento: SENAMHI.

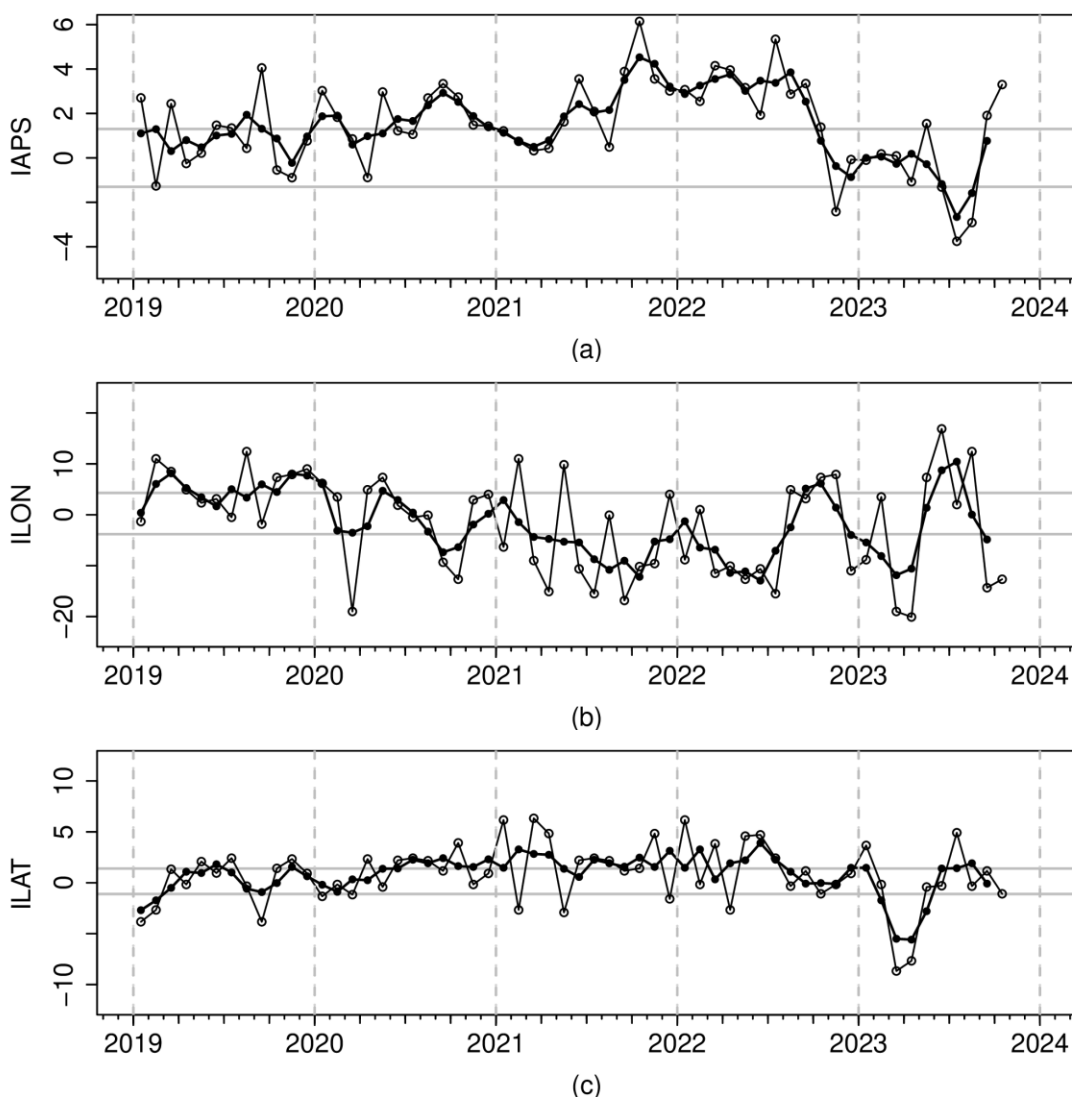


Figura 10. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre ASO 2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 hasta octubre 2023. Climatología 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 velocidades de viento (VV) en el rango positivo (mayor a $+1,0 \text{ m s}^{-1}$), las cuales han persistido desde al menos inicios del invierno a lo largo de la mayor parte del litoral peruano. Durante octubre y lo que va de noviembre, se registraron vientos fuertes con anomalías mayores a $+2,0 \text{ m s}^{-1}$, particularmente desde la tercera semana de octubre hasta la primera semana de noviembre (**Figura 11**).

La anomalía del afloramiento costero aumentó a lo largo de la costa a partir de la tercera semana de octubre. El índice del afloramiento costero exhibió pulsos superiores a $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m frente a Talara – Paita, aumentando las anomalías positivas. Respecto al bombeo Ekman, continuaron predominando las anomalías positivas, aunque en promedio, las anomalías registradas desde la tercera semana de octubre fueron menores a las registradas entre setiembre y la primera quincena de octubre (**Figura 12**), sugiriendo una tendencia descendente de la intensidad de los vientos del sudeste en la zona oceánica.

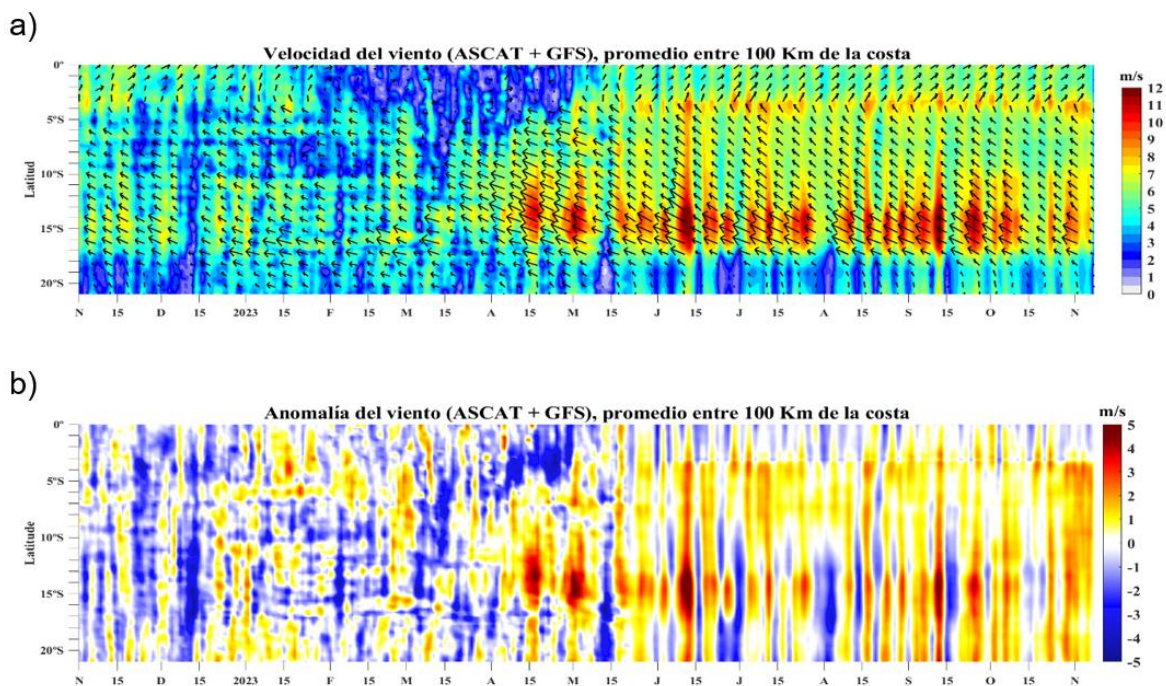


Figura 11. Viento Satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 8 de noviembre.

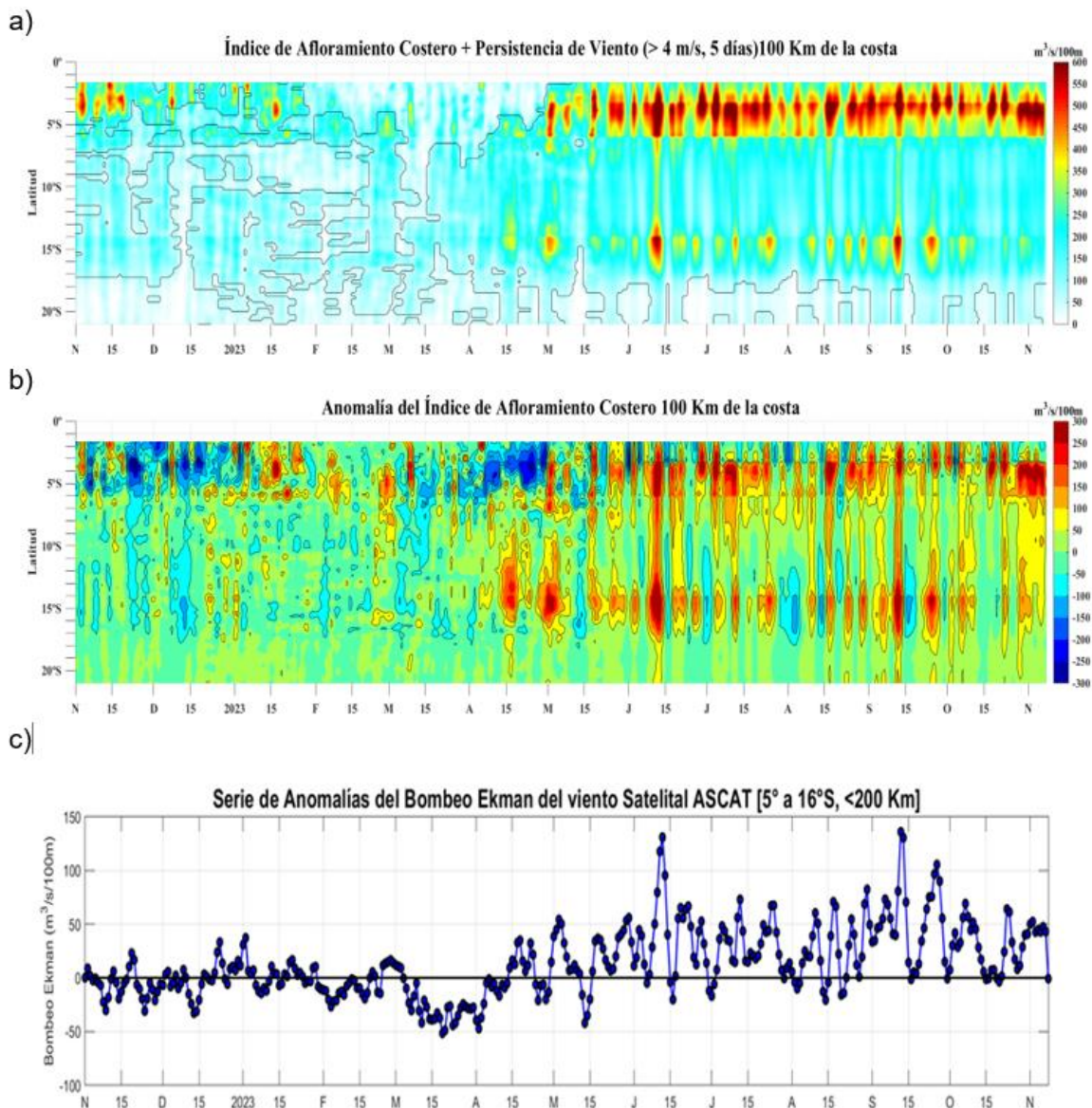


Figura 12. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200 km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 8 de noviembre.

En lo que va de noviembre de 2023, se ha registrado una disminución en las anomalías de las temperaturas del aire a lo largo del litoral costero. En promedio, la anomalía de la temperatura máxima (diurna) ha descendido en $-1,5^\circ\text{C}$, mientras que la anomalía de la temperatura mínima (nocturna) ha disminuido en $-1,1^\circ\text{C}$ en comparación con las anomalías registradas en el mes de octubre de 2023. Este descenso en las anomalías de las temperaturas del aire se debe a la intensificación de los vientos del sur, ocasionada por el fortalecimiento del Anticiclón del Pacífico Sur (APS).

Debemos precisar que la disminución de las temperaturas del aire a lo largo del litoral registra algunas variaciones. En la costa norte, la temperatura máxima presenta anomalías de +1,3 °C, mientras que en las costas central y sur se han mantenido dentro de su variabilidad climática normal (± 1 °C), registrando +0,5 °C y +0,7 °C respectivamente. En cuanto a las temperaturas mínimas, la costa norte y sur muestran anomalías positivas de +1,0 °C y +1,2 °C respectivamente, mientras que la costa sur registra valores cercanos a su normal climática. Es importante tener en cuenta que nos encontramos aún en un contexto de El Niño Costero. **(Figura 13).**

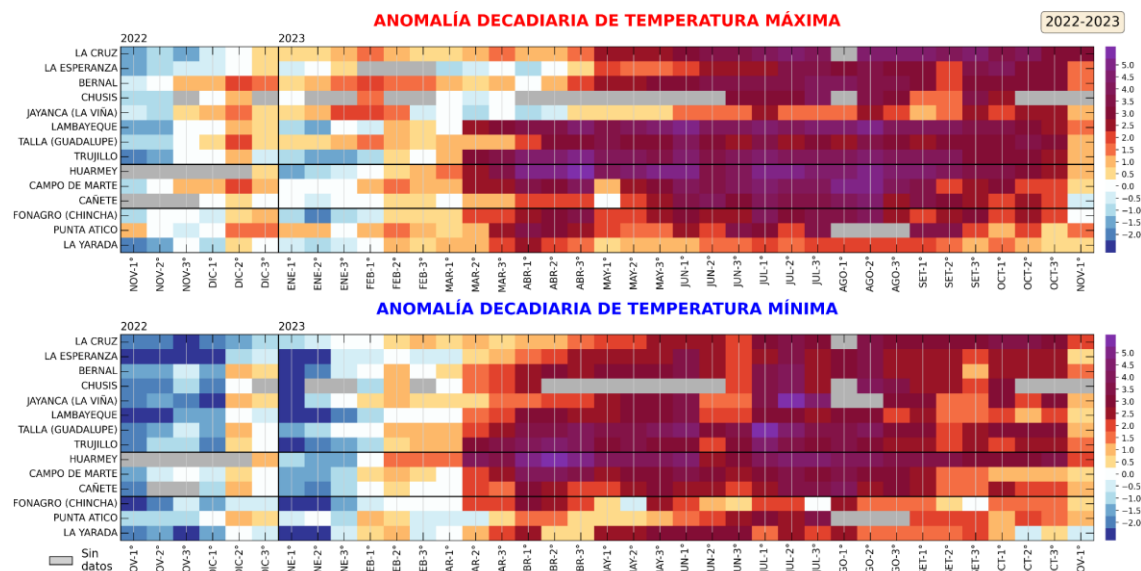


Figura 13. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano continuó mostrando condiciones cálidas anómalas, a pesar de registrarse una disminución de sus anomalías en las últimas semanas de octubre. En lo que va de noviembre las anomalías de la TSM muestran una disminución, con valores promedio hasta de 2 °C en el norte y de +1 °C en el centro, en el sur con anomalías muy cercanas de cero **(Figura 14).**

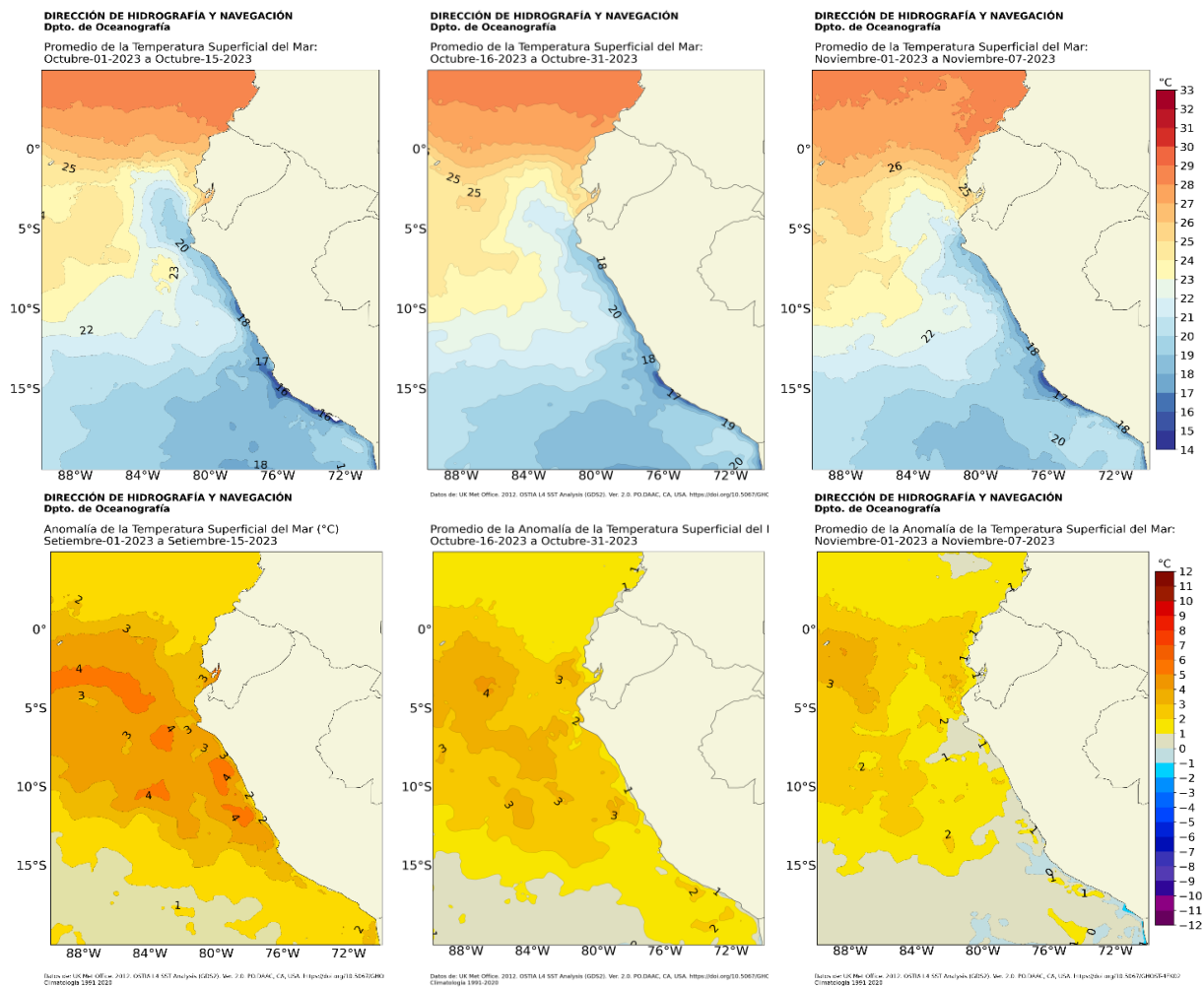


Figura 14. Distribución superficial quincenal de la temperatura y su anomalía durante octubre y los primeros días de noviembre 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

A otra escala, en el litoral de Perú también se reflejó una tendencia a la disminución de las anomalías de la TSM, en particular en el norte durante octubre. Sin embargo, para fines de octubre e inicios de noviembre las anomalías aumentaron en el litoral norte con valores mayores de 2 °C (**Figura 15**).

El calentamiento que afecta el mar peruano continuó su desarrollo como una ola de calor marina (OCM), con una duración de 254 días al 6 de noviembre (**Figura 16**). Entre la última semana de octubre y la primera semana de noviembre hubo un repliegue mar adentro de la cobertura espacial de la OCM, desocupando la costa norte y central, reduciéndose a un 25 del área comprendida entre los 2°S y 15°S y dentro de las 150 mn de la costa. En esta franja, se mantienen unos núcleos de la OCM, uno al norte de Talara y otro frente a Chimbote. La anomalía acumulada al 6 de noviembre alcanzó 825,50 °C x días, superando en más de un 170 % a lo registrado durante El Niño Costero 2017 (Pietri et al., 2021).

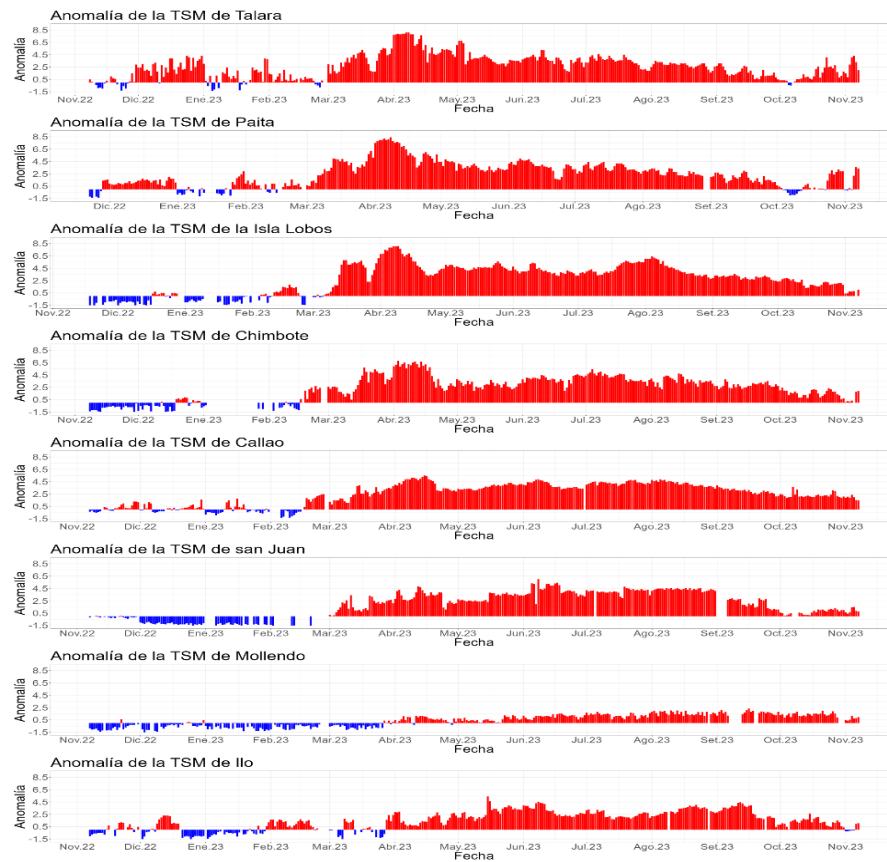


Figura 15. Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de noviembre 2022 a noviembre 2023. Climatología: 1991-2020. Fuente: DIHIDRONAV.

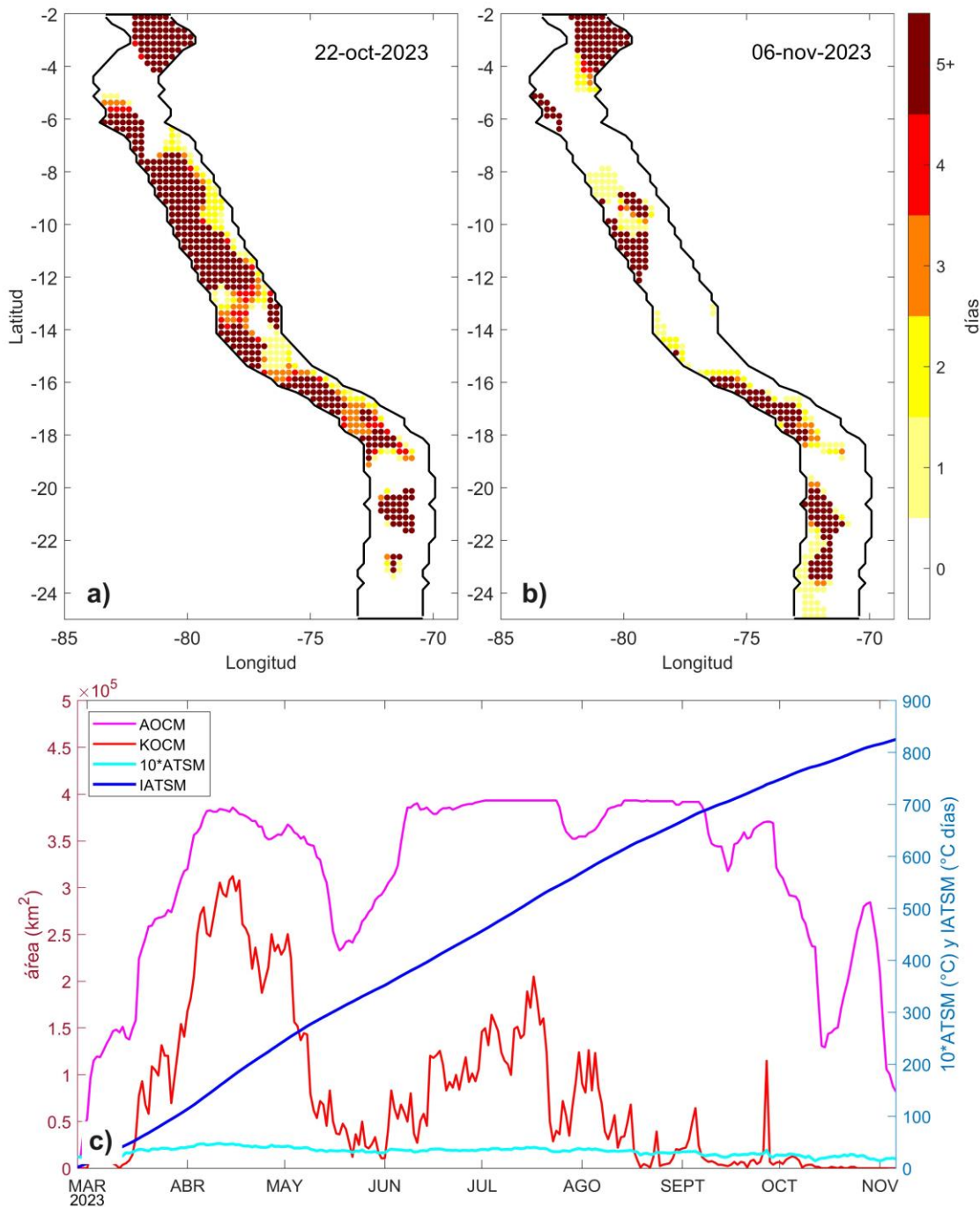


Figura 16. Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa el 22 de octubre (a) y el 6 de noviembre del 2023 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); 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). En promedio, la ATSM en la OCM desde el 1 de abril hasta el 8 de mayo fue +4,3 °C. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacentes a la costa, desde fines de octubre hasta lo que va de noviembre presentaron un aumento significativo en la zona norte-centro, posiblemente como consecuencia de la propagación de una onda Kelvin cálida registrada en Galápagos en el nivel del mar. Se detectó un núcleo de ANM de hasta +18,9 cm al norte de Tumbes, para el cual pudo haber una contribución del debilitamiento de los vientos en este sector y de la advección de aguas cálidas. Desde Tumbes hasta Huarmey, el incremento de la ANM varió entre +15 cm (Tumbes) y +13 cm (Chimbote). Al sur de Huarmey, no se observó un cambio significativo de las ANM (**Figura 17 y Figura 18**).

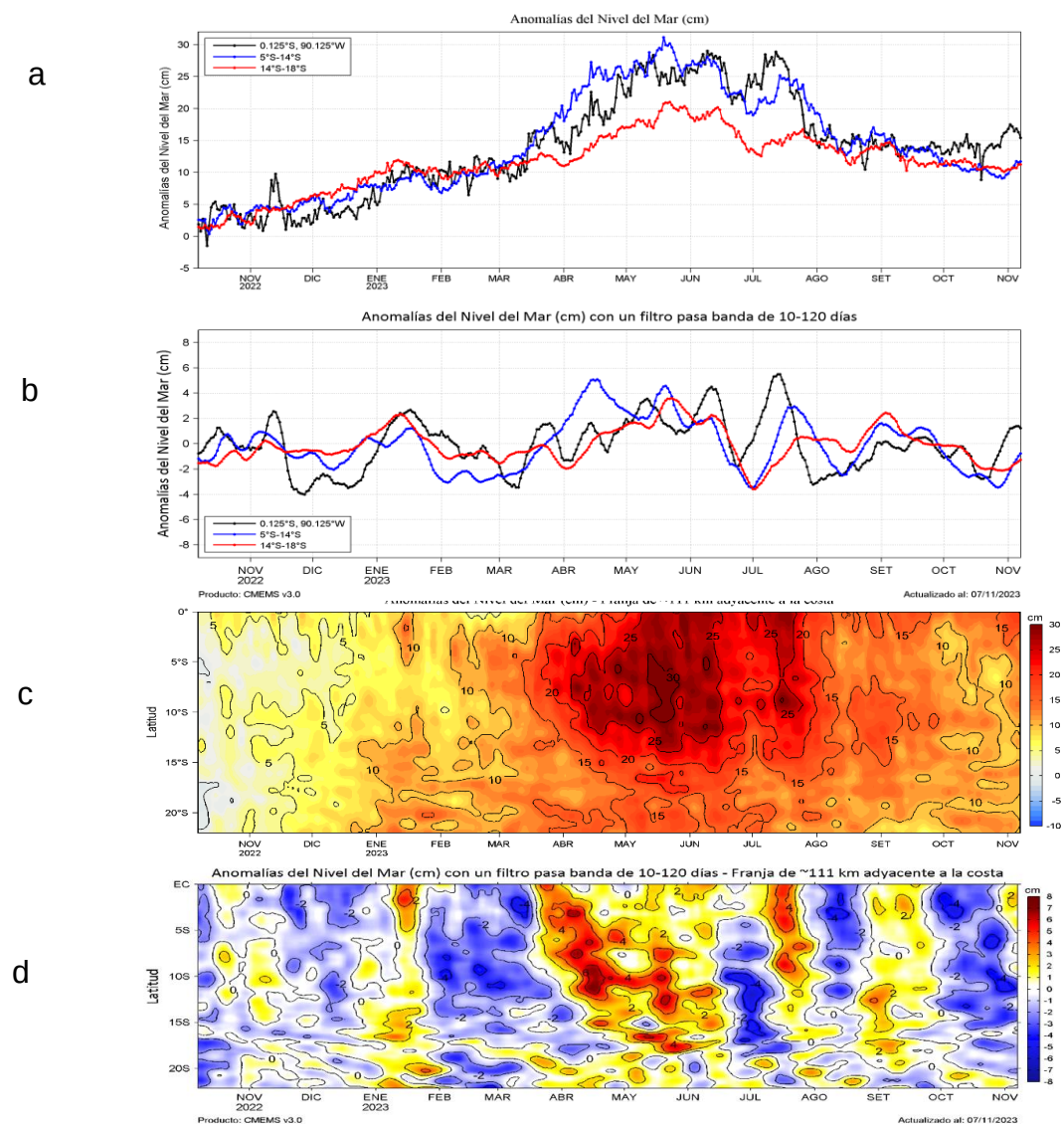


Figura 17. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para la zona de Galápagos, costa centro-norte y costa sur del Perú en la franja de las 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 7 de noviembre 2023. En c) y d) se presentan diagramas Hovmöller correspondientes para la zona entre el ecuador hasta los 22°S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a y c) y 1993-2010 para (b y d). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

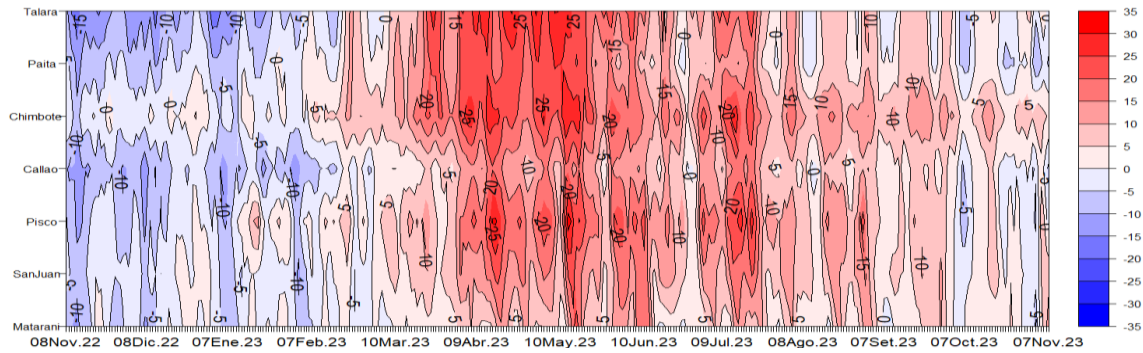


Figura 18. Evolución diaria de las anomalías del nivel del mar en el litoral de Perú del 08 de noviembre 2022 al 07 de noviembre 2023, Climatología: 1991-2020. Procesamiento: DIHIDRONAV.

Dentro de las 50 mn frente a Callao, entre fines de octubre e inicios de noviembre, las anomalías de TSM variaron entre +0,90 y +1,60 °C, en promedio (**Figura 19**). Frente a Talara-Negritos, en la primera semana de noviembre se registraron anomalías de TSM entre +1 y +5 °C dentro de las 70 mn (**Figura 21**).

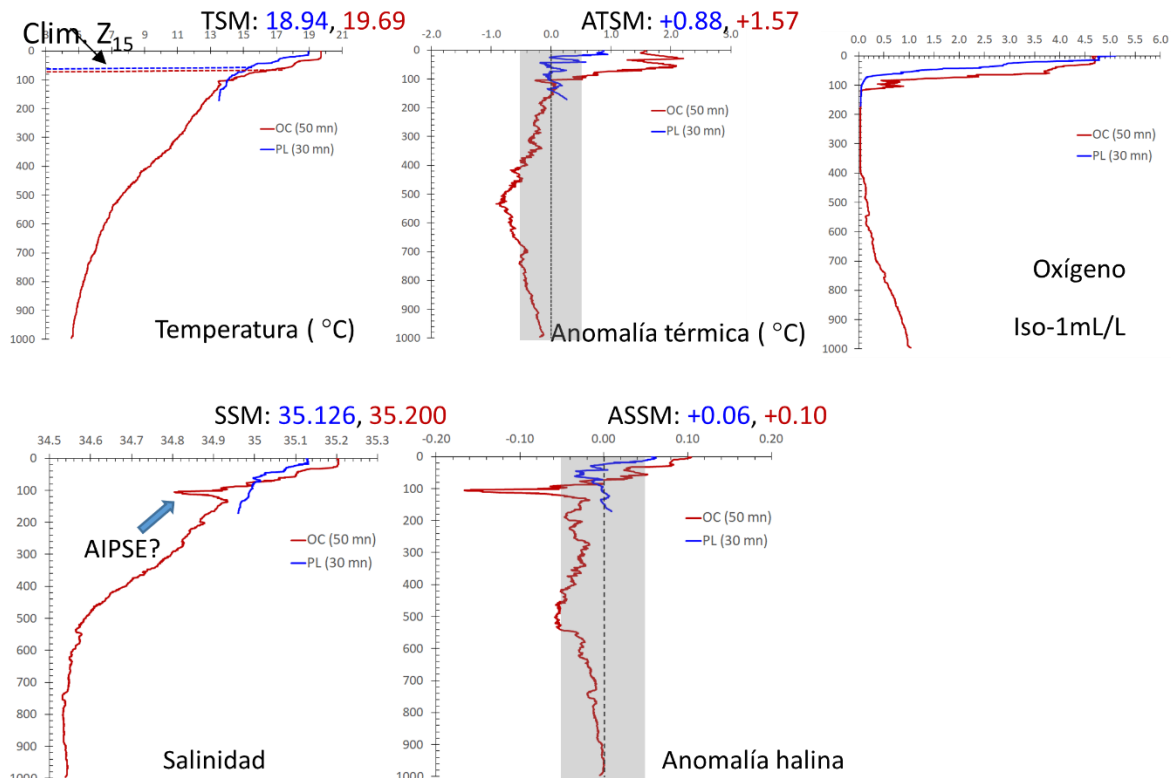


Figura 19. Perfiles de temperatura, anomalía de la temperatura, salinidad, anomalía de la temperatura y oxígeno. Registrados por el crucero “Mesopelagic biodiversity and biogeography of the Humboldt Current LME” a bordo del BAP Carrasco, dep 31 de octubre al 1 de noviembre 2023, Callao.

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil de tres anomalías mensuales de TSM registradas en las estaciones costeras de Imarpe desde Paita hasta Ilo, señala condiciones cálidas, aunque con una disminución entre JAS (2,97 °C) y ASO (2,22 °C), alcanzando un valor temporal de +1,68 °C para octubre. 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, evidenció igualmente una disminución entre JAS (+2,0) y ASO (+1,5), con un valor preliminar de +0,8 para octubre. Ambos índices expresan que el actual evento cálido presenta condiciones cálidas de intensidad fuerte y cálida, respectivamente (Figura 20).

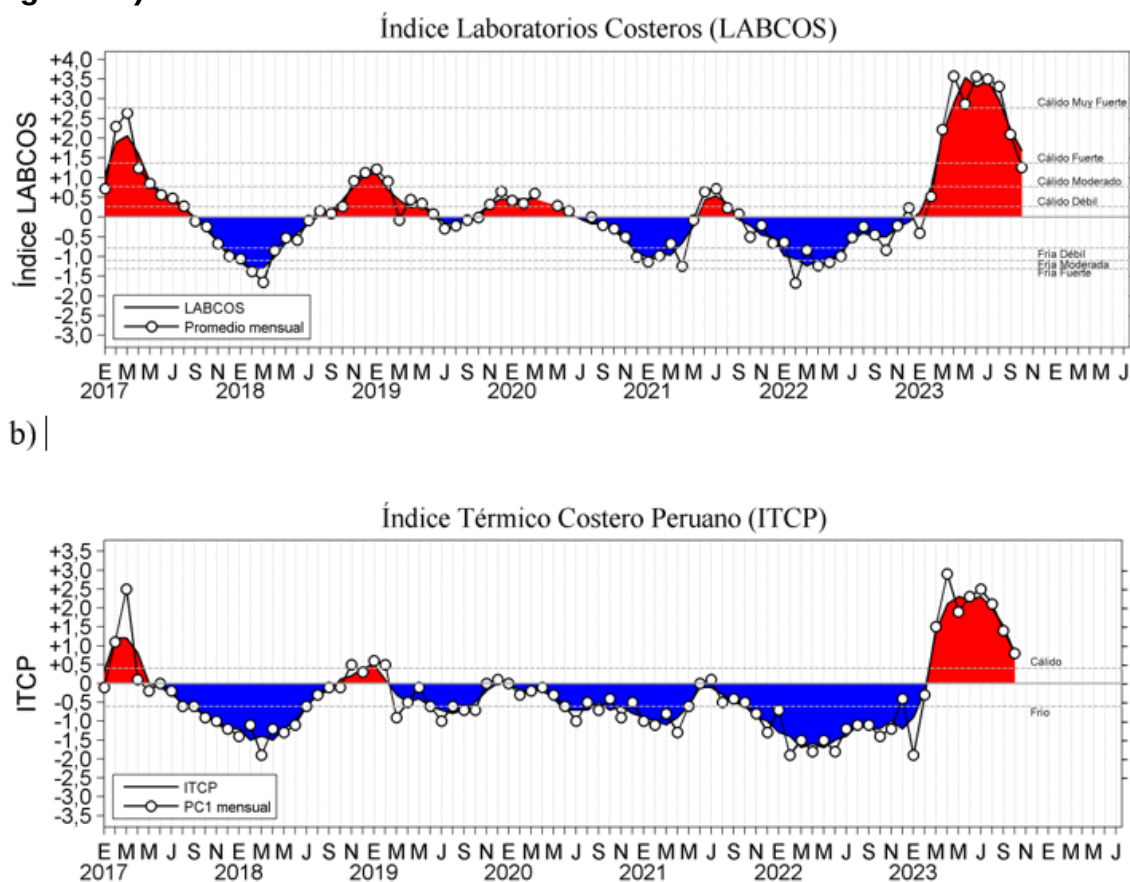


Figura 20. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2023

Respecto a la temperatura subsuperficial, en el mes de octubre, entre los 30 y 150 m de profundidad, frente a Tumbes y Piura se observaron anomalías de +1 °C a +5 °C (100 - 300 mn frente a la costa) y anomalías de +1 °C a +3 °C (dentro de las 100 mn); además entre los 200 y 400 m de profundidad se observaron núcleos de hasta +1 °C dentro de las 200 mn, principalmente en la segunda quincena del mes (**Figura 21, Figura 22, Figura 23 y Figura 23a**). En la primera semana de noviembre, en la misma capa, frente a Tumbes y Piura se presentaron anomalías de +1 °C a +5 °C entre los 100 y 300 mn frente a la costa y entre +1 y +2 ° dentro de las 70 mn.

Asimismo, fuera de la costa entre los 250 y 350 m de profundidad se registró un núcleo de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y por debajo de este, otro de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que dentro de las 70 mn predominaron condiciones neutras entre los 150 y 400 m de profundidad (**Figura 21 y Figura 22**). Frente a la costa central, entre Chimbote y Callao en el mes de octubre, y entre las 150 y 300 mn se detectaron anomalías de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 100 m de profundidad. Entre fines de octubre e inicios de noviembre, a 180 mn frente a Callao, se registró un pequeño núcleo de anomalías negativas entre los 60 y 100 m, mientras que sobre los 50 m y entre los 180 y 430 m se detectaron anomalías positivas superiores a $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Figura 21**). En cambio, dentro de las 50 mn la capa con anomalías térmicas positivas alcanzó hasta los 92 m de profundidad, presentándose anomalías negativas de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo de los 150 m y hasta al menos los 600 m de profundidad (**Figura 19**).

Secciones verticales, Misión Glider (02/11/2023 - 09/11/2023) primera salida

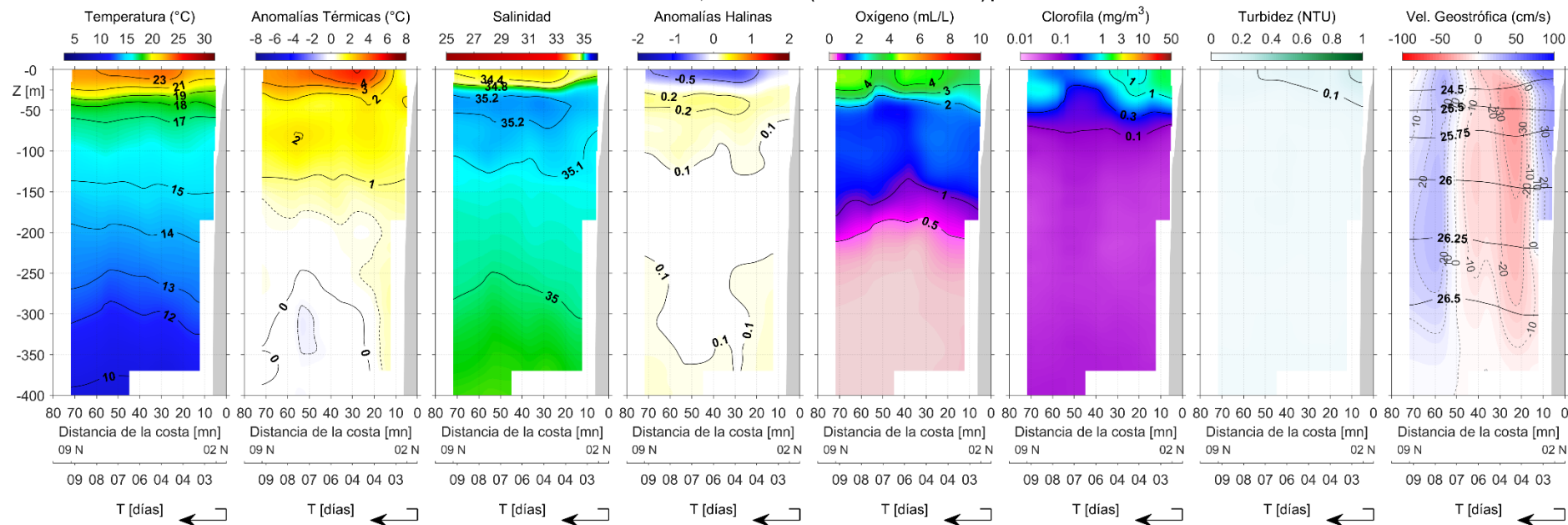
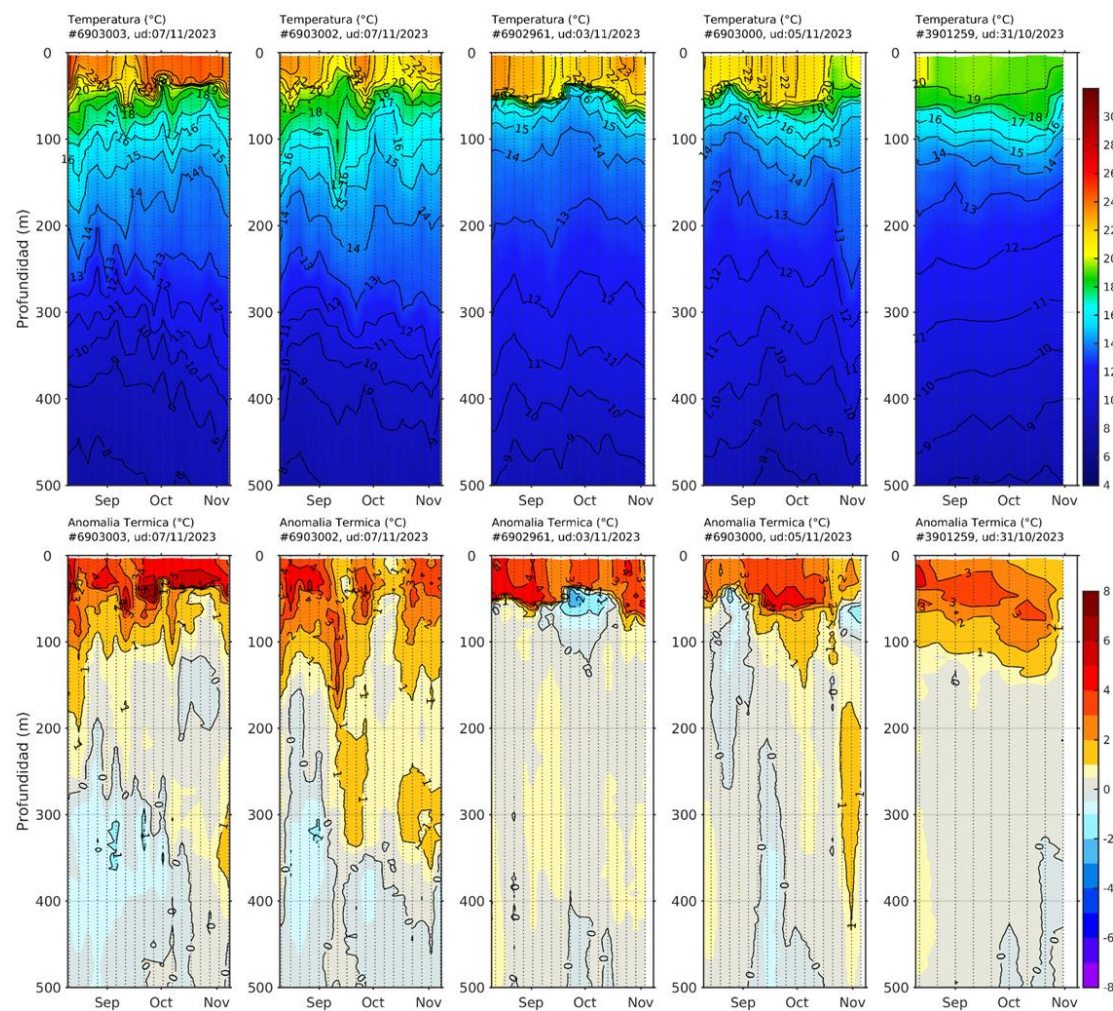


Figura 21. Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L^{-1}), clorofila (mg m^{-3}), turbidez (NTU) y corrientes geostroficas (cm s^{-1}), a partir de los datos registrados por el glider Mochica frente a Negritos – Talara (entrada y salida), registrados desde el 02 de noviembre hasta el 9 de noviembre.



Ubicación de los perfiladores Argo, durante los últimos 60 días

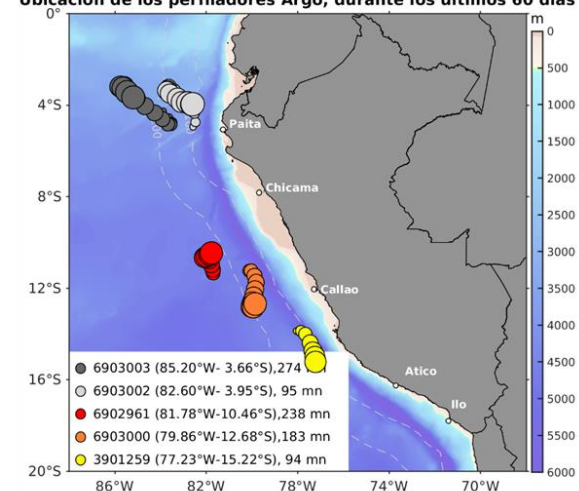
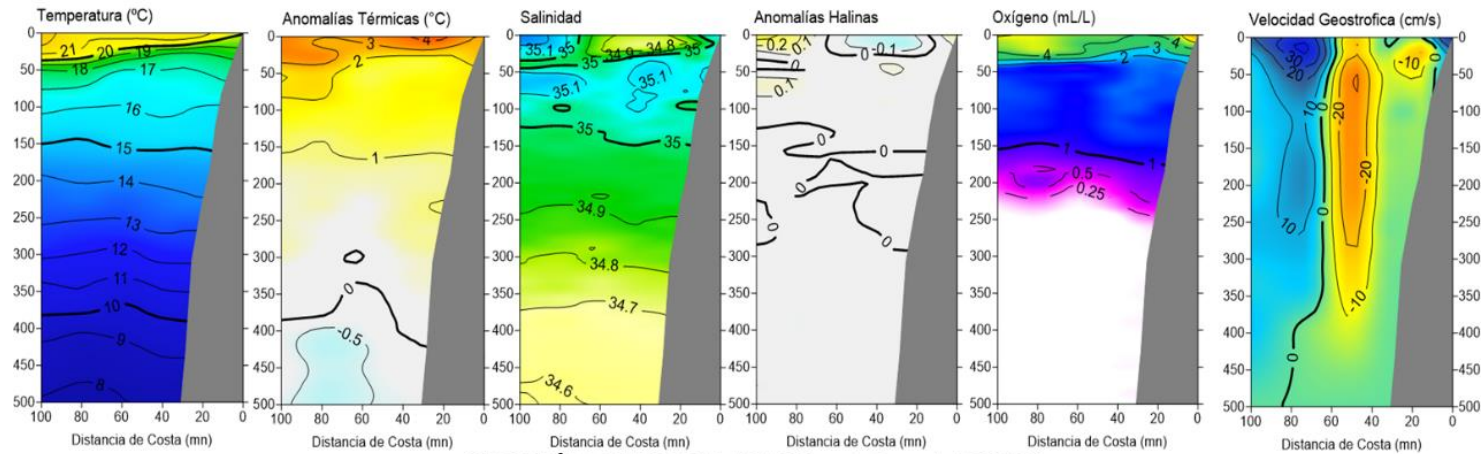


Figura 22. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (setiembre-octubre). Climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

SECCIÓN PAITA (23-24 de octubre del 2023)



SECCIÓN CHICAMA (21-22 octubre del 2023)

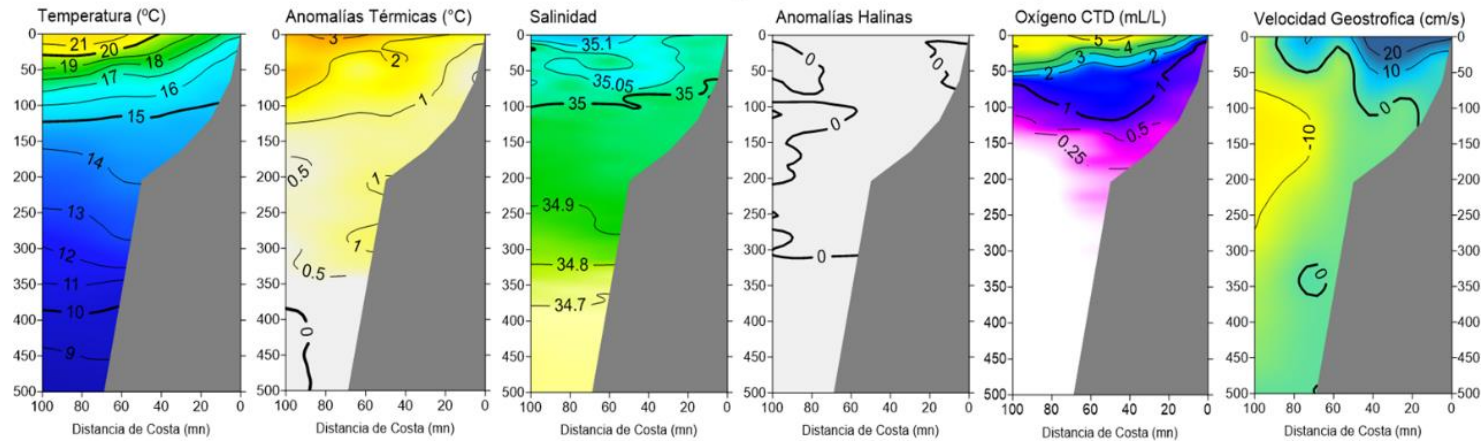


Figura 23. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama, dentro de las 100 mn, entre el 21 y 24 de octubre de 2023. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

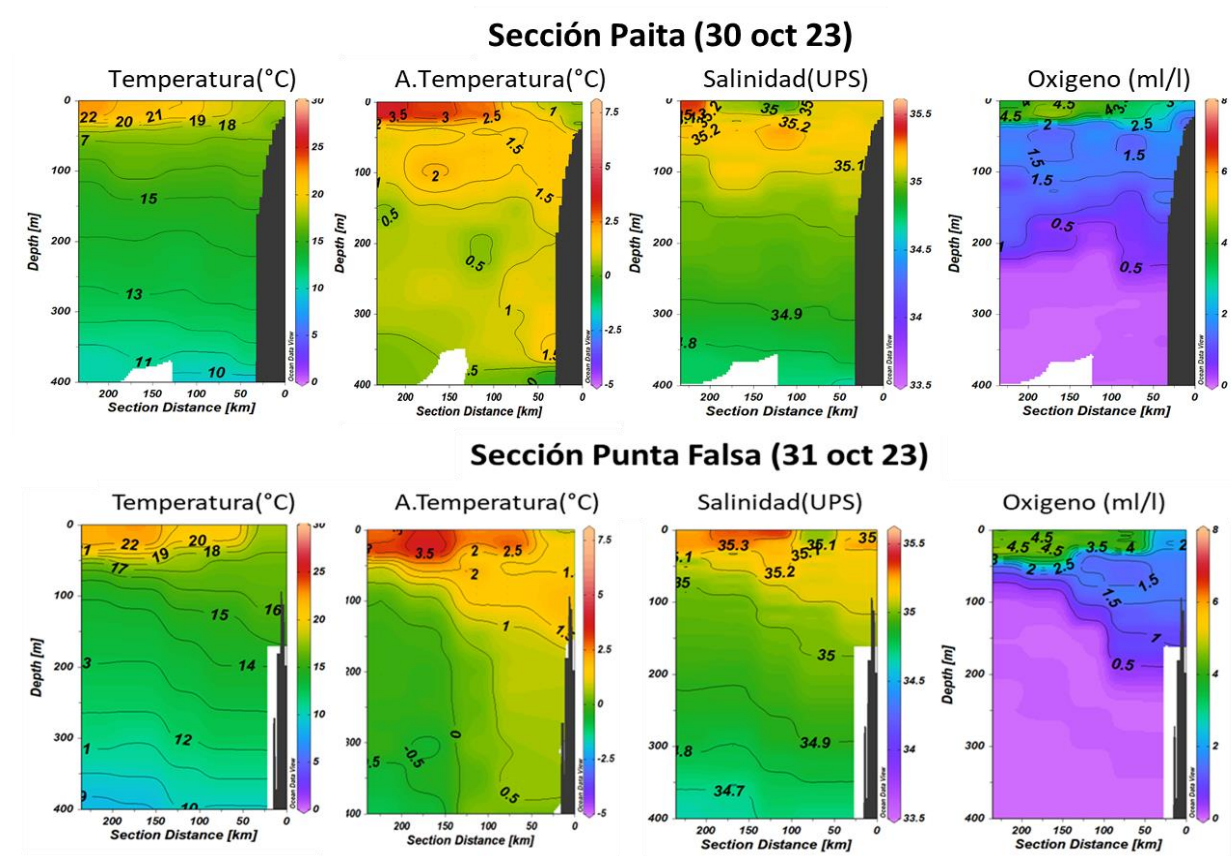


Figura 23a. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paita y Chicama, dentro de las 250 km, entre el 30 y 31 de octubre de 2023. Fuente:DIHIDRONAV

La profundidad de la termoclina tendió a mantenerse entre setiembre y fines de octubre dentro de las 100 mn frente a Paita, con una anomalía promedio de +80 m. En cambio, frente a Chicama la anomalía de la profundidad de la termoclina se redujo en hasta 40 m, registrando un rango de 40-60 m por debajo de su climatología (**Figura 24**). Cabe indicar que, considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, entre la tercera semana de octubre y la primera semana de noviembre, las anomalías térmicas de +2 °C se expandieron hasta los 150 m de profundidad, luego de un par de semanas donde estuvieron contenidas en una capa más somera; este tipo de variabilidad también se observó durante El Niño 2015-2016 (**Figura 25**).

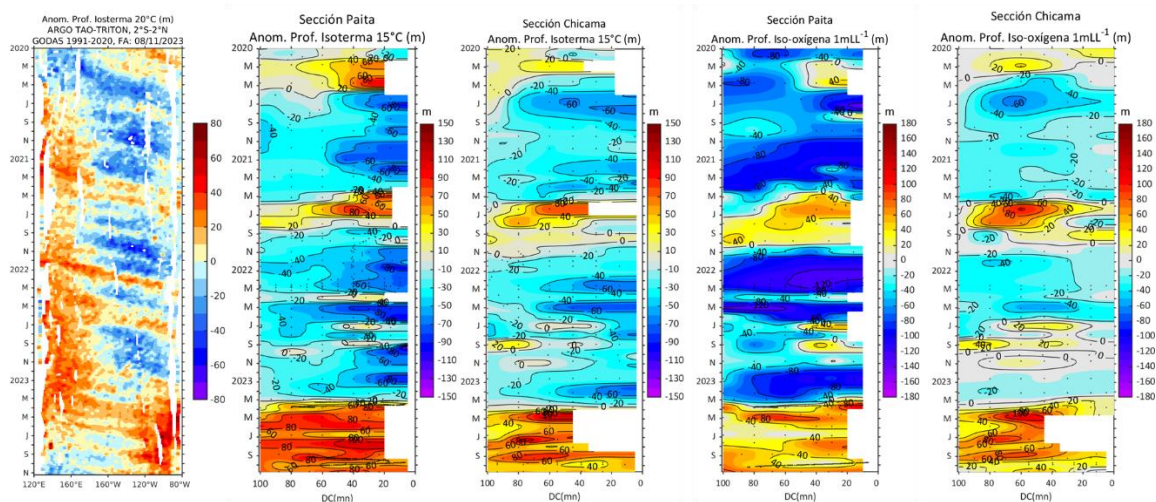


Figura 24. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a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

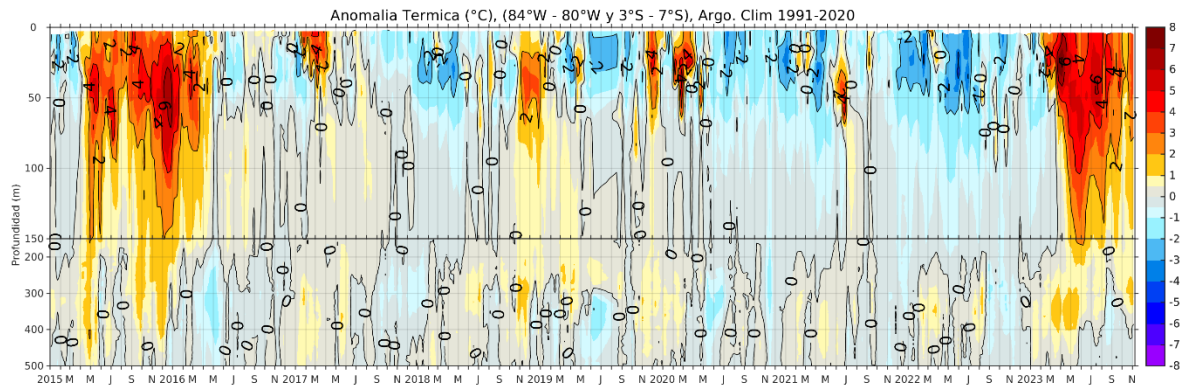


Figura 25. Anomalía térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte; climatología: 1991-2020

El pronóstico de TSM a 30 mn frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica un enfriamiento para las próximas 2 semanas, disminuyendo hasta en 2 °C en los primeros 60 m de profundidad, pero un incremento en el alcance vertical de las anomalías cálidas. Mientras que de forma más oceánica (100 mn) se presentaría una profundización de las isotermas, observándose valores sobre 2°C hasta los 120 m de profundidad (**Figura 26**).

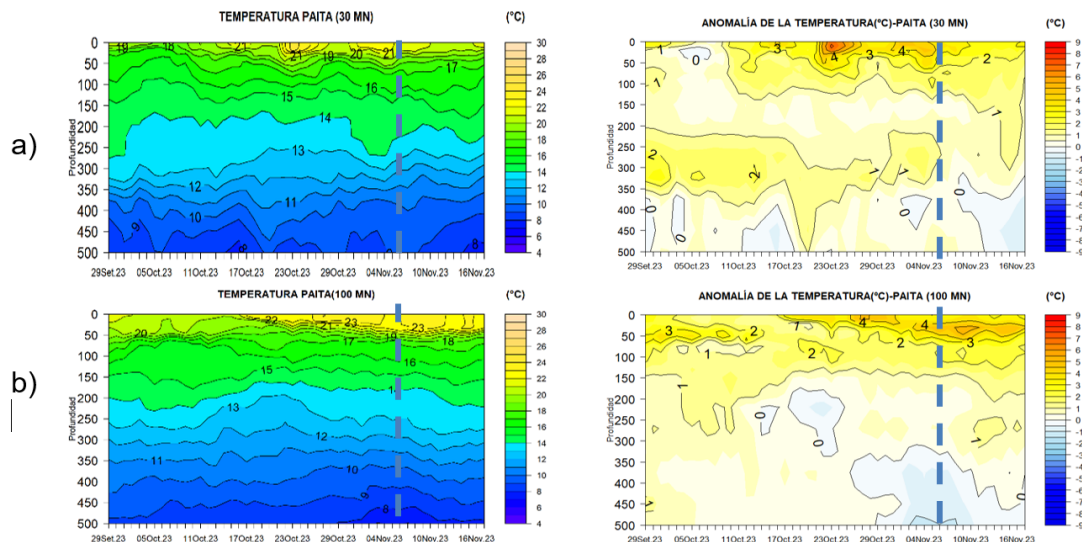


Figura 26. Pronóstico de temperatura del mar y anomalía de TSM hasta los 500 m de profundidad frente a Paita a a) 30 mn y b) 100 mn. Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró el desplazamiento de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, $33,8 < S < 34,8$) hacia el sur principalmente desde la segunda quincena de octubre, alcanzando la zona entre Talara y Paita sobre los 20 m de profundidad entre la tercera semana de octubre y la primera semana de noviembre, de acuerdo con la información in situ (**Figura 21, Figura 26, Figura 23 y Figura 23a**). Según el modelo MERCATOR, dicho desplazamiento habría alcanzado Punta Falsa en la primera semana de noviembre (**Figura 26**). Entre Punta Falsa y Chimbote, prevaleció el acercamiento de las ASS (ASS, $S > 35,1$) hacia la costa con una menor intensidad, ubicándose a 45 mn de Chicama sobre los 15 m entre el 21 y 22 de octubre (**Figura 26, Figura 23 y Figura 23a**). Hacia el sur, las aguas costeras frías continuaron ampliando su cobertura, siendo favorecidas por la permanencia de vientos fuertes que estarían generando el afloramiento de aguas frías. Entre fines de octubre e inicios de noviembre el frente entre las ACF y las ASS se ubicó entre 30 y 50 mn frente a Callao (**Figura 19, Figura 26a y Figura 27**). En la columna de agua se observó un mínimo de salinidad a 100 m de profundidad (34,8) a 50 mn frente a Callao, el cual correspondería a la presencia de Aguas Intermedias del Pacífico Sudeste (AIPSE), masa de agua originada frente a Chile y cuya distribución normal solo alcanza hasta los 14° S (**Figura 19**).

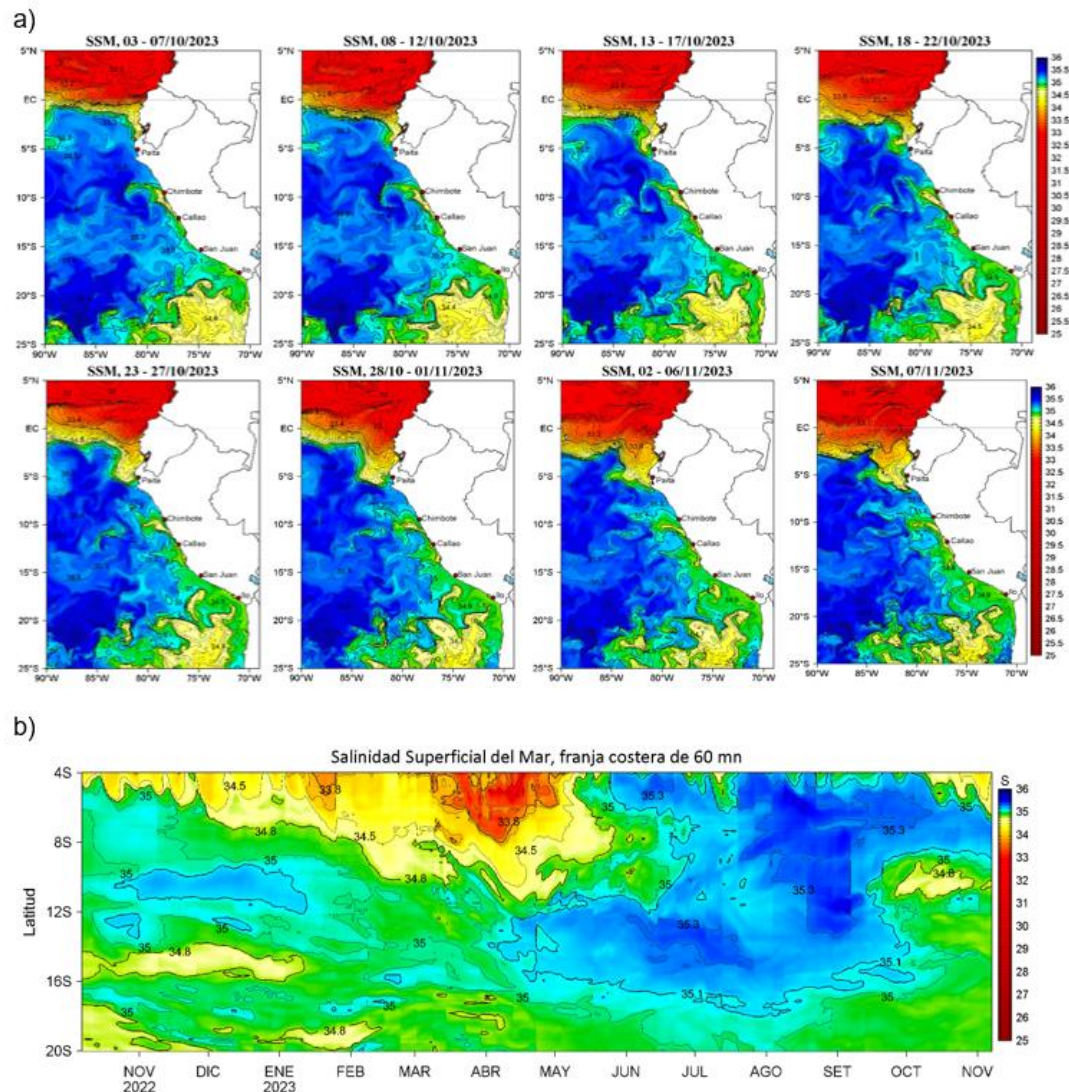


Figura 26a. (a) Distribución quincenal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de 7 de setiembre y 9 de octubre del 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 7 de noviembre de 2023. Datos:

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_02

4. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

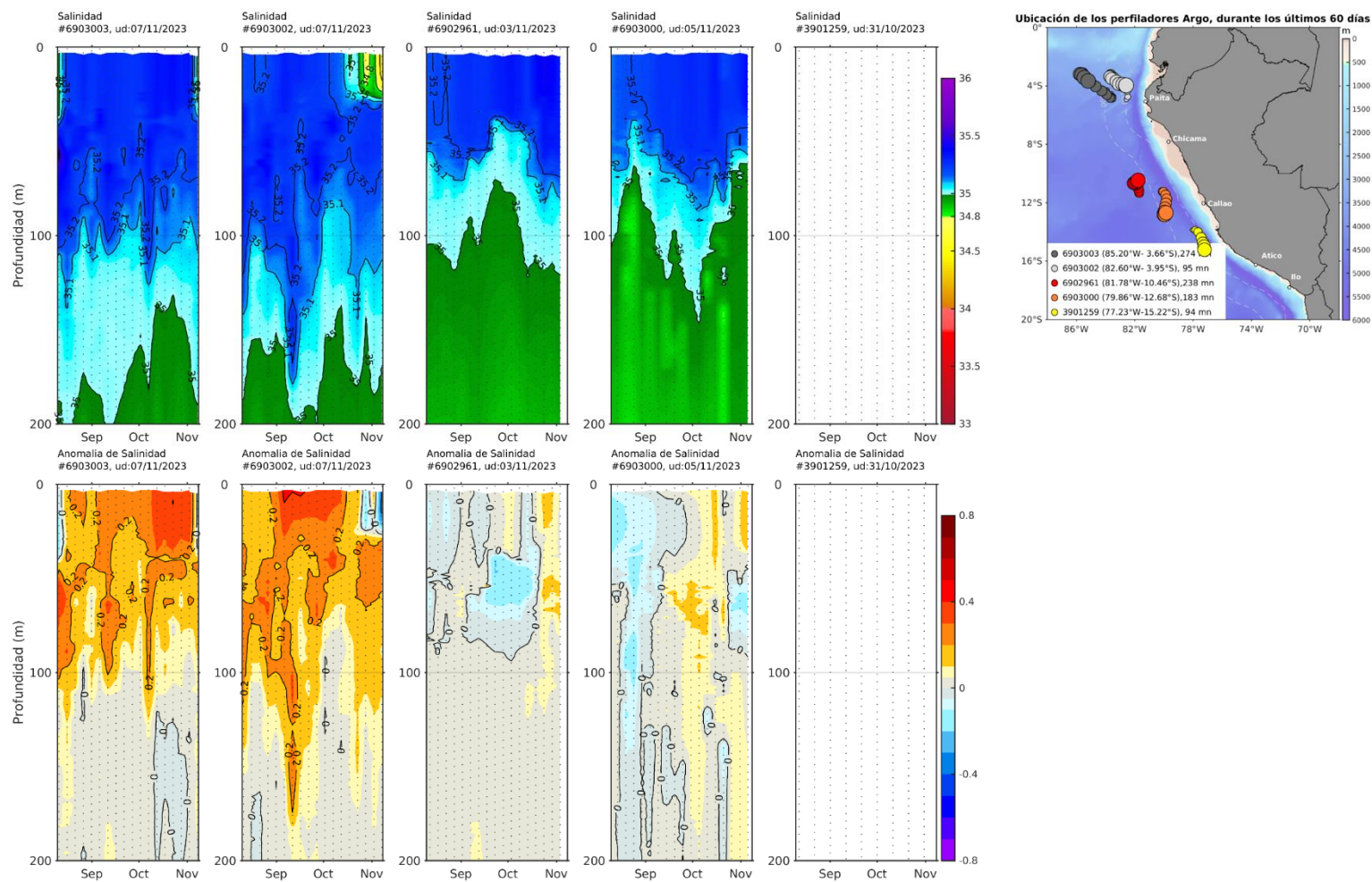


Figura 27. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).
Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

Respecto al oxígeno disuelto (OD), en la tercera semana de octubre, la profundidad de la iso-oxígena de 1mL/L, considerada como indicador de la oxiclina, se ubicó a 150 m frente a Paita, y entre los 110 y 10 m de profundidad frente a Chicama, dentro de las 100 mn. Asimismo, el límite superior de la zona de mínimo de oxígeno (ZMO, OD <0,5 mL/L) se ubicó a 200 m frente a Paita y a 130 m frente a Chicama, en promedio. En comparación a meses anteriores, en octubre se observó una reducción de la anomalía de la profundidad de la oxiclina tanto frente a Paita como especialmente frente a Chicama. Frente a Negritos-Talara, en la primera semana de noviembre, la profundidad de la oxiclina se observó sobre los 50 m de profundidad y el límite superior de la ZMO sobre los 180 de profundidad (**Figura 21**). En cambio, la profundidad de la oxiclina frente a Callao se ubicó en su rango normal, variando entre 56 y 83 m a las 30-50 mn de la costa, mientras que la ZMO se distribuyó entre los 120 y 740 m a 50 mn de la costa (**Figura 19**).

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; durante la primera semana de noviembre se registró un incremento notable de su concentración, registrándose principalmente valores de 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa, con núcleos de 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ frente a San José, Huacho y Pisco, y otros más costeros frente a Paita y Atico (**Figura 28a y Figura 28**). De acuerdo a información in situ, frente a Negritos – Talara, se registró concentraciones entre 2 a 3 $\mu\text{g L}^{-1}$ en los primeros días de noviembre dentro de la 20 mn a la costa y sobre los 25 m de profundidad, coincidiendo con la información satelital en dicha área (**Figura 21 y Figura 22**). Las altas concentraciones de la primera semana de noviembre se asociaron a anomalías positivas ($> +4 \mu\text{g L}^{-1}$) frente a Paita, San José, Huarney-Pisco y frente a Atico; en cambio frente a Chimbote aún se vienen detectando anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$) (**Figura 28**).

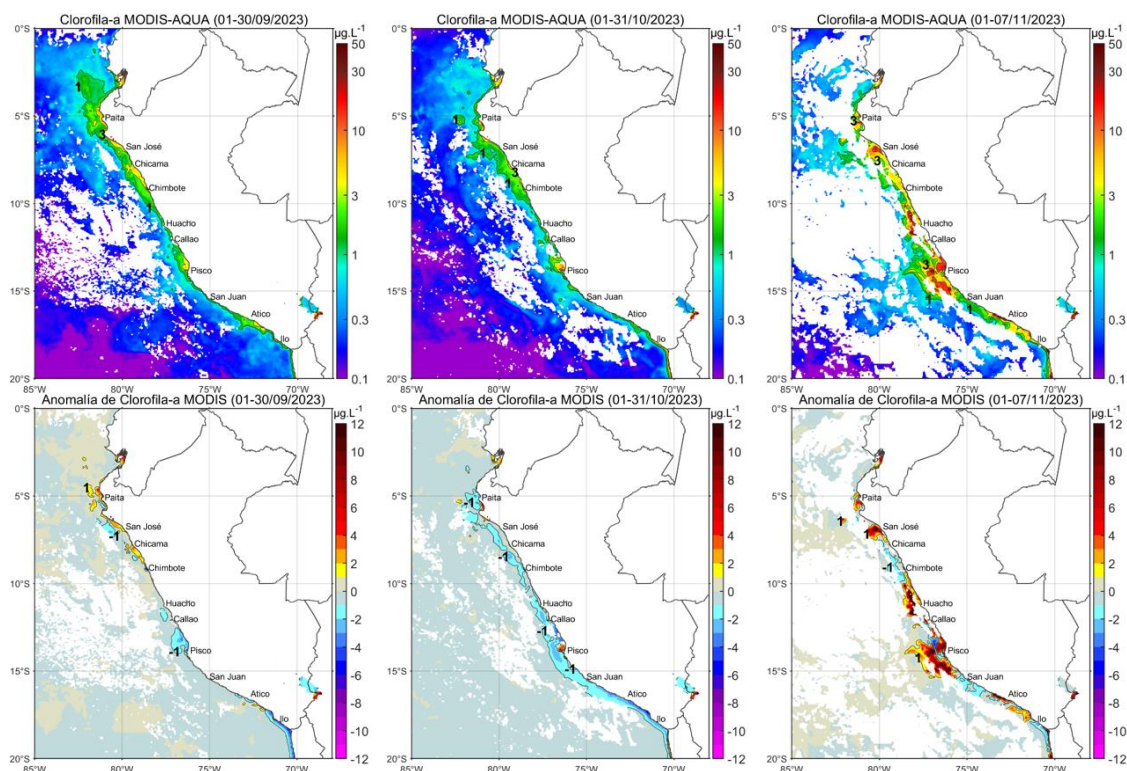


Figura 28. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante agosto, setiembre y lo que va de noviembre de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

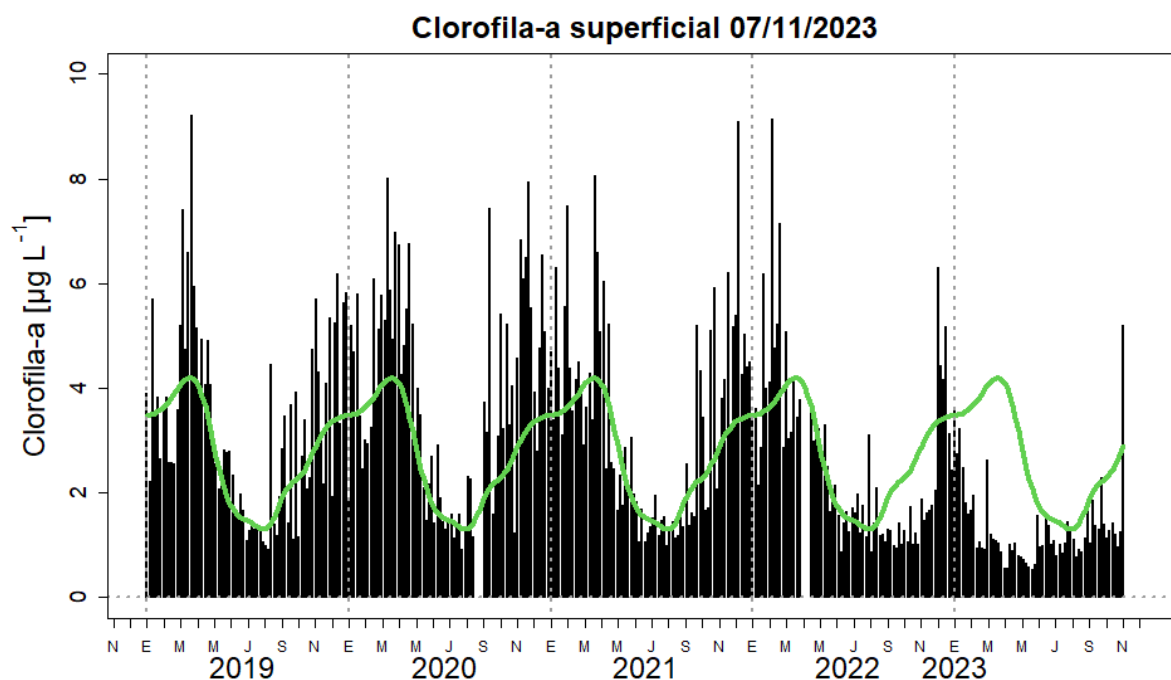


Figura 28a. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, con el inicio de la Segunda Temporada de pesca de anchoveta 2023 en la región norte – centro, el recurso se distribuyó en núcleos de concentración desde Sechura (5°30'S) hasta Cerro Azul (13°00'S) dentro de las 60 mn de costa, presentando la mayor abundancia de Chicama/Malabrigo en el norte y de Huacho a Callao en el centro (**Figura 29**). La estructura de tallas varió de 8,5 a 16,5 cm longitud total (LT) y porcentaje de juveniles de 42,1 %, menor a lo registrado durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de recursos pelágicos (59 %). La mayor presencia de juveniles se registró frente a Paita (**Figura 30**). Los indicadores reproductivos de anchoveta del stock norte-centro, al 31 de octubre, mostraron una disminución de la actividad reproductiva, indicando la declinación de su periodo principal de desove (**Figura 31**).

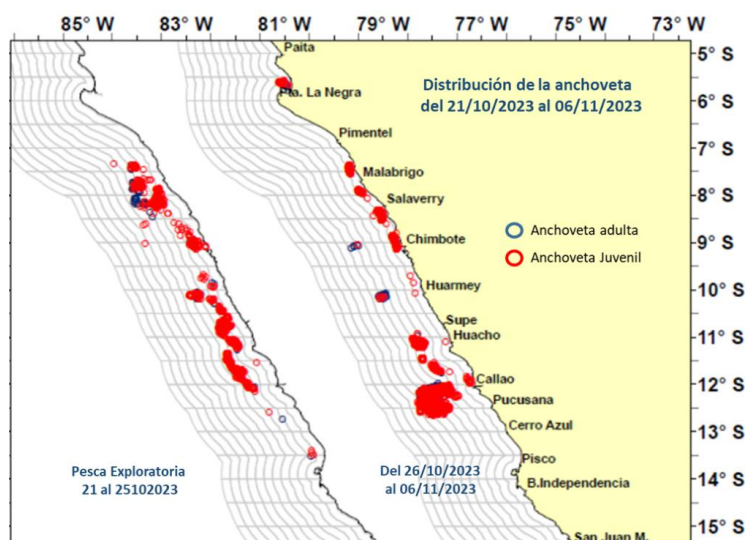


Figura 29. Distribución de anchoveta durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2023.

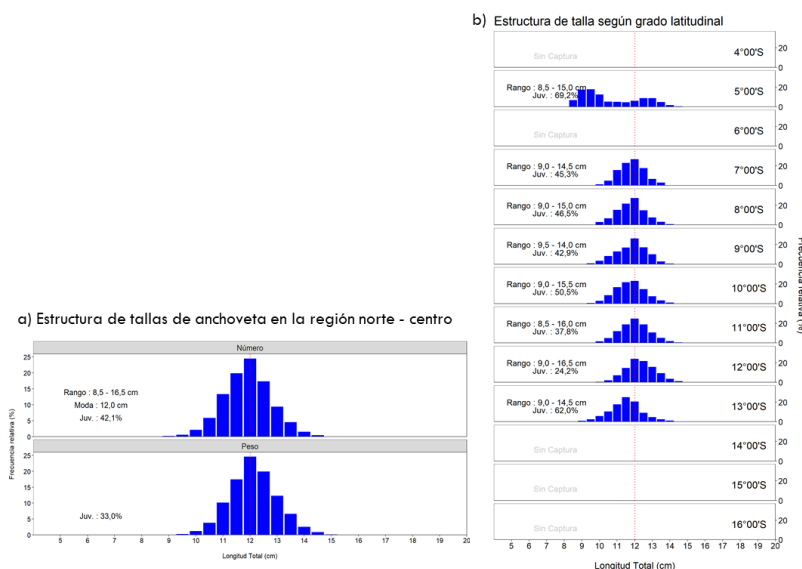


Figura 30. Estructura de tallas de anchoveta a) total y b) según grado latitudinal durante la segunda temporada de pesca de la región Norte – Centro 2023.

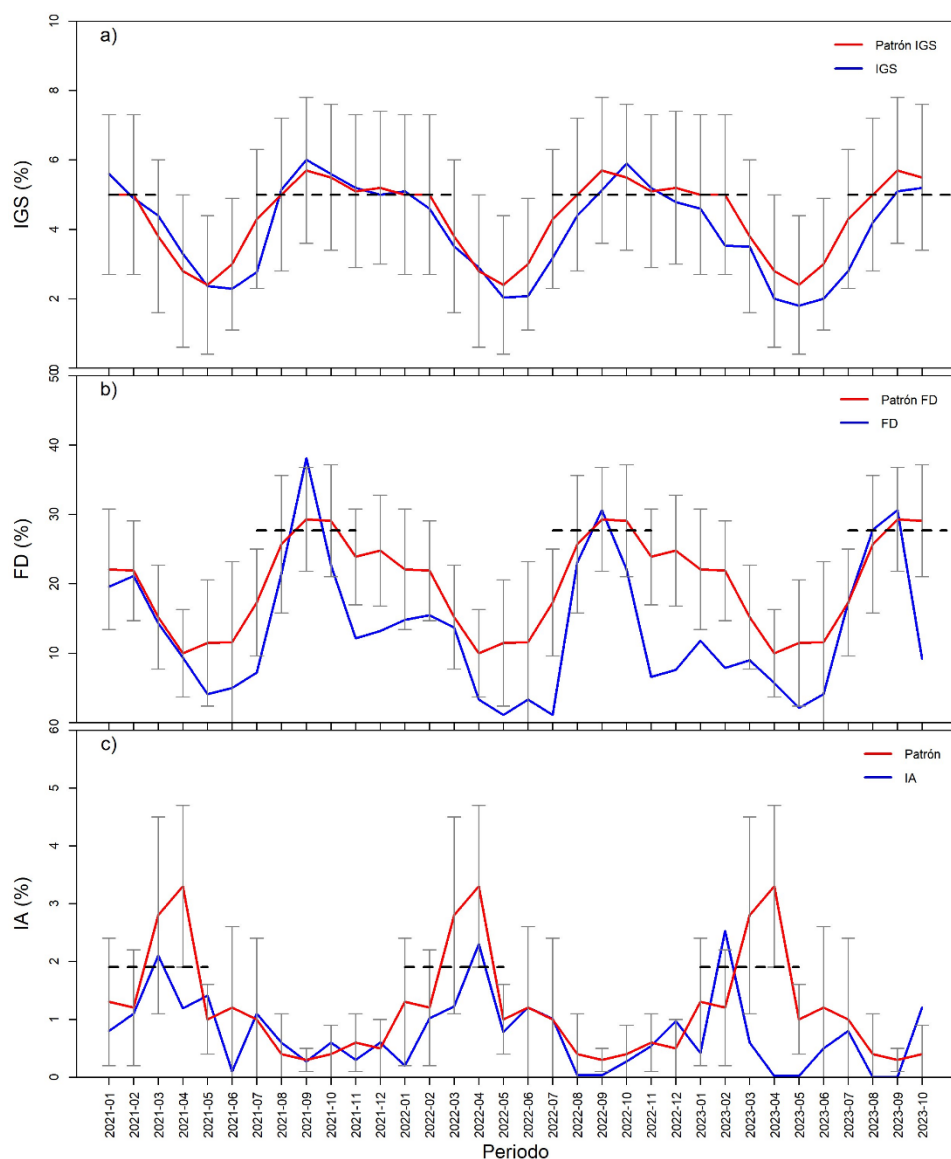
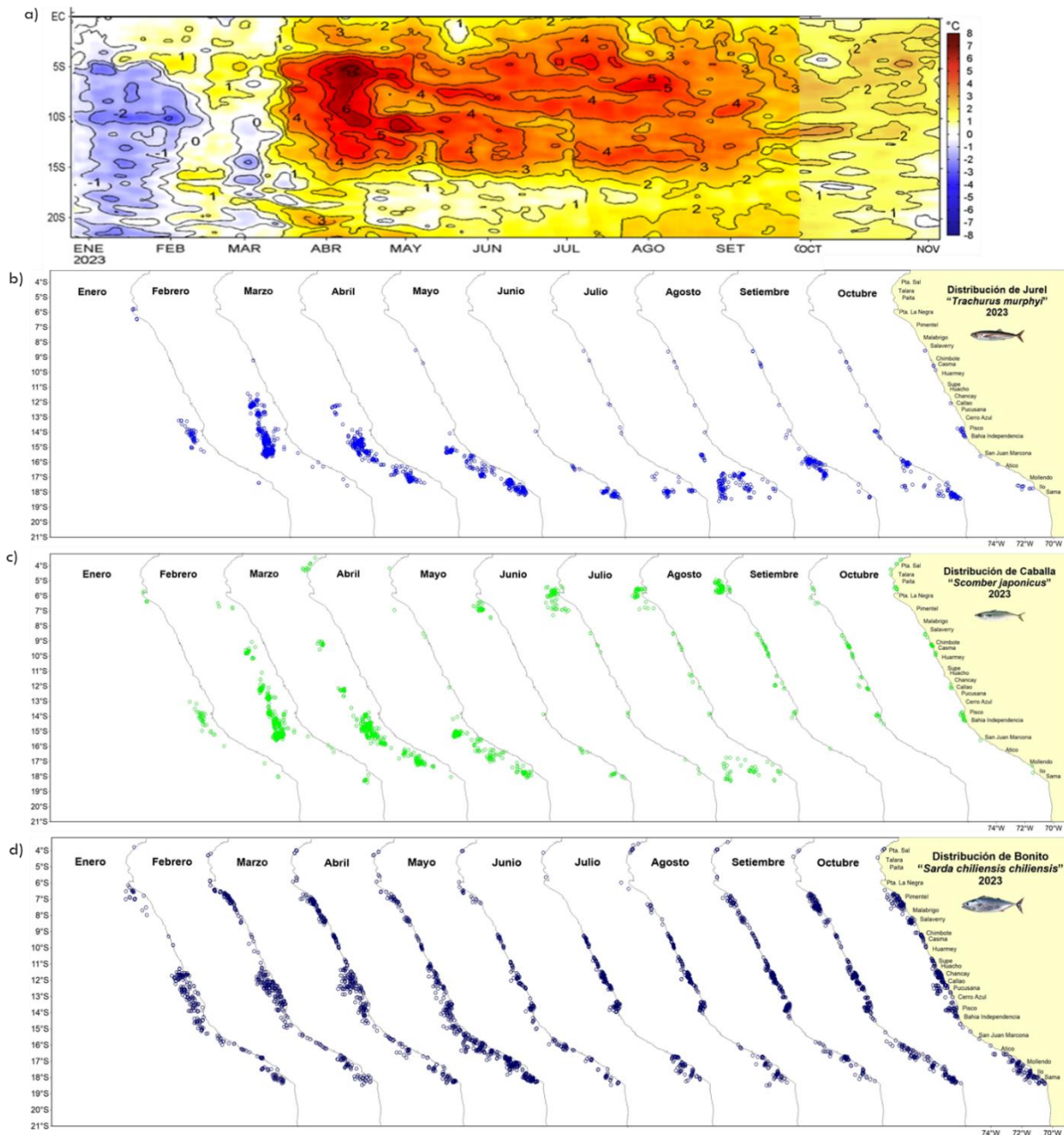


Figura 31. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia de la anchoveta. Periodo enero 2021 a octubre 2023.

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. Las capturas de jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus peruanus*), principalmente, formaron parte de la captura incidental de bonito (**Figura 32**). En cuanto a la condición reproductiva, la caballa evidenció una baja actividad reproductiva, mientras que el jurel y el bonito presentaron importantes procesos de maduración gonadal y desove, de acuerdo con lo esperado para época. El pez oceánico perico (*Coryphaena hippurus*) amplió su distribución en octubre, en los extremos norte y sur, respecto a setiembre (**Figura 33**).

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.



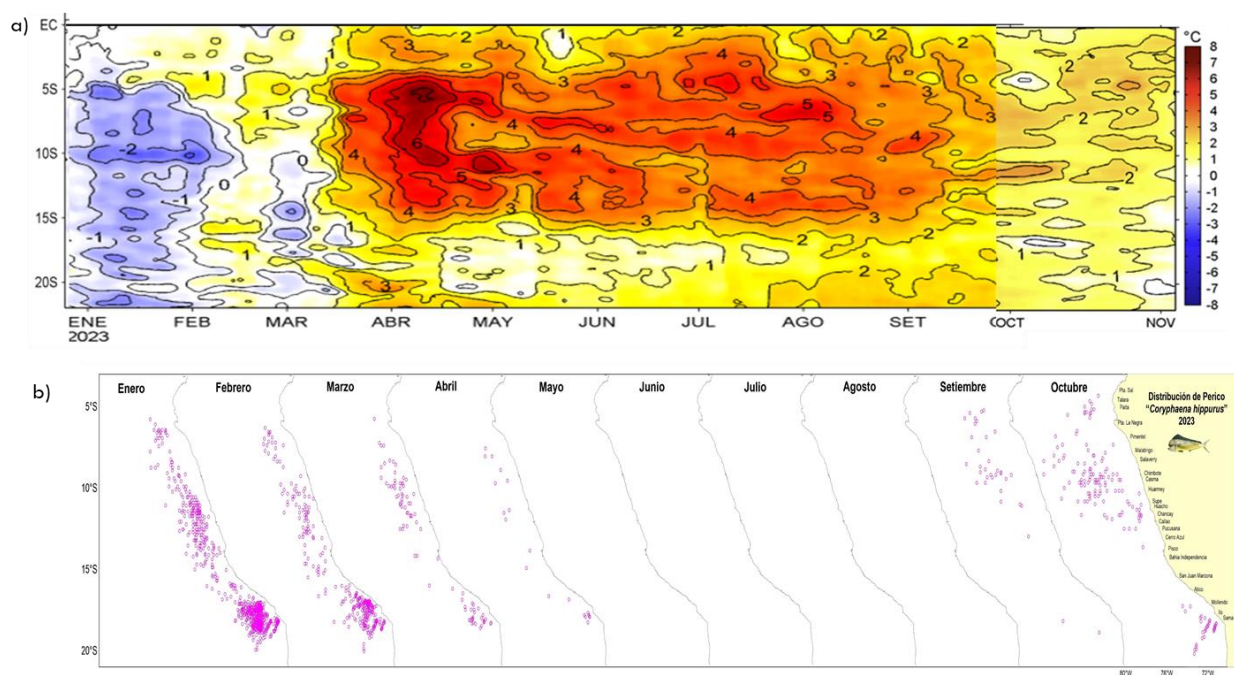


Figura 33. Distribución mensual del recurso oceánico perico con relación a las condiciones ambientales a) anomalías térmicas, b) puntos de pesca durante enero – octubre 2023.

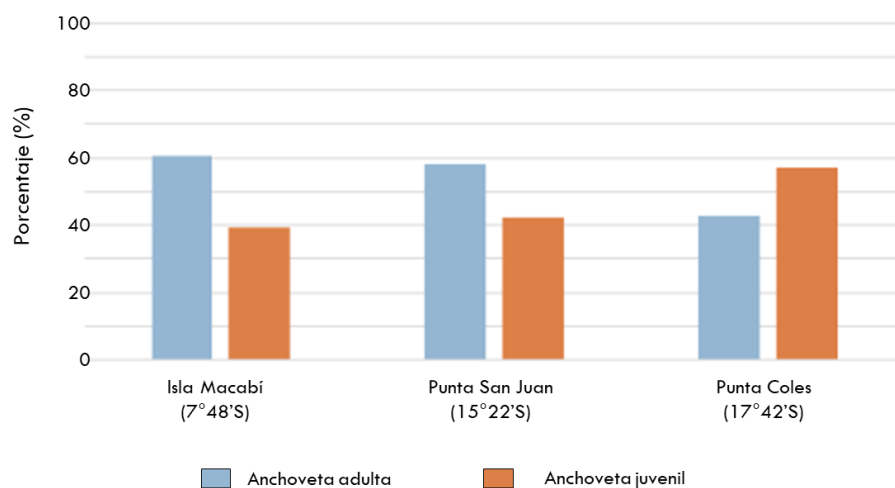


Figura 34. Variación latitudinal del porcentaje de anchoveta adulta y juvenil en la dieta del guanay en las diferentes islas y puntas guaneras.

Respecto a los recursos demersales, del 01 al 07 de noviembre, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló en el área comprendida desde el extremo norte del litoral peruano hasta el norte de Punta La Negra. La población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) presentó un núcleo de concentración en la sub-área "C" (5 a 6°S), donde se estimaron los mayores valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (**Figura 35**). Cabe mencionar que ese valor corresponde solo a siete de días de actividad pesquera, por lo que aún podría variar relativamente en lo que resta del mes. Sin embargo, en general, los valores de la CPUE siguen considerándose bajos para esta pesquería, lo cual podría deberse a una profundización y cambios en la distribución del recurso, alejándose del alcance de la pesquería industrial (**Figura 35**). Por otro lado, se mantuvo el incremento de los individuos de menor tamaño observado la quincena anterior, los cuales ahora se encuentran desde el extremo norte hasta los 6°S (**Figura 36**), señal que podría corresponder al típico reclutamiento de primavera.

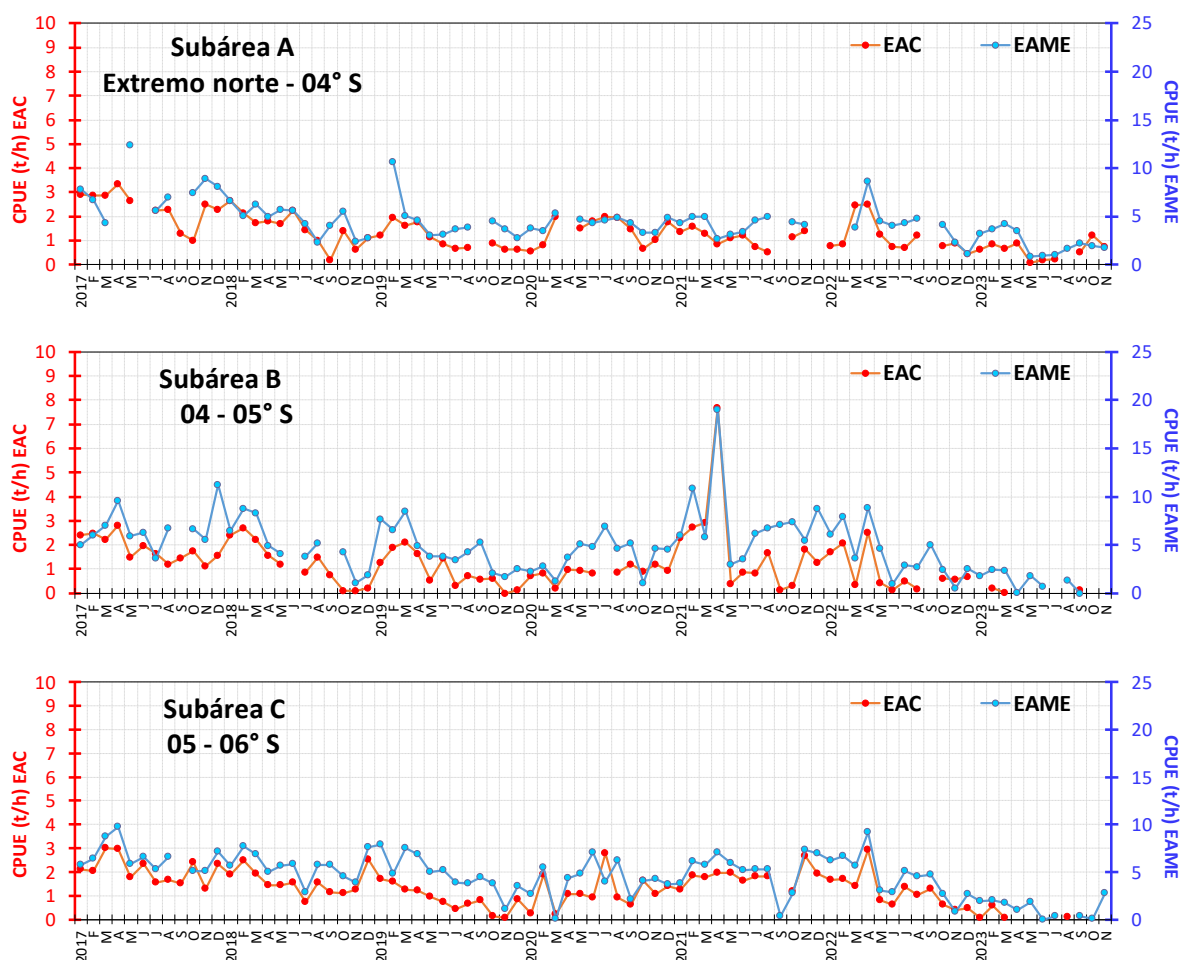


Figura 35. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza

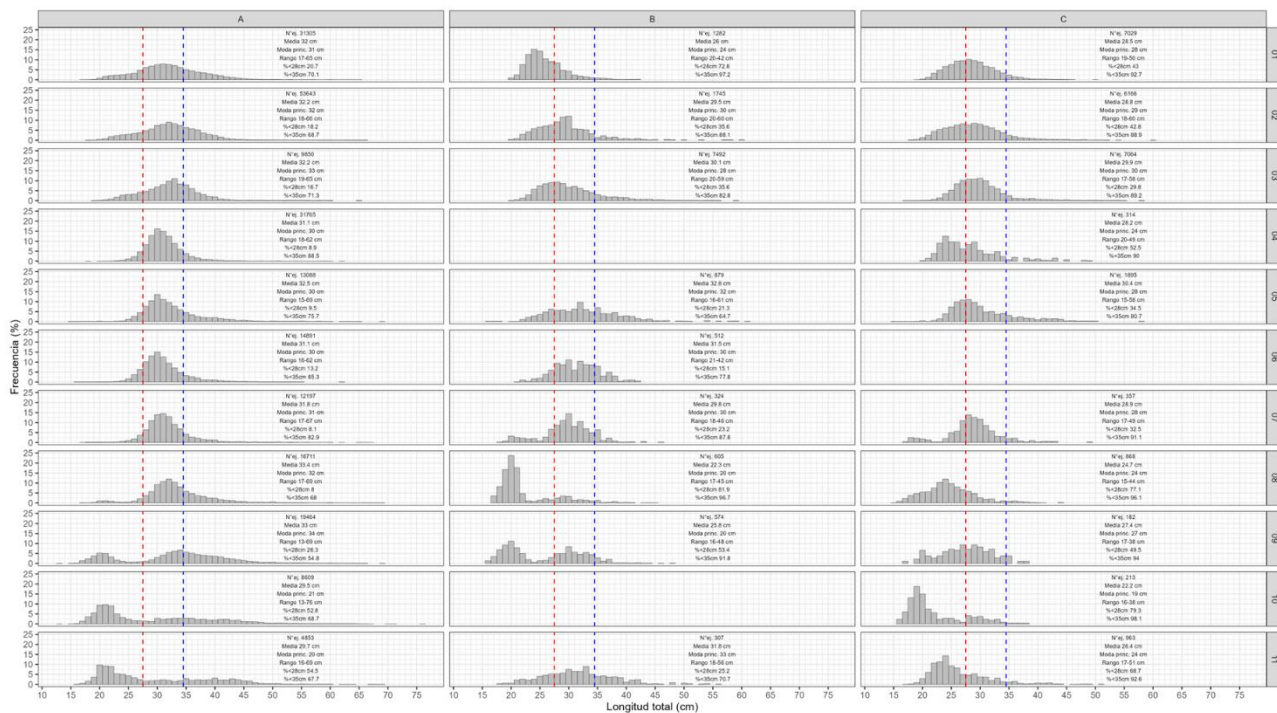


Figura 36. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero a octubre y del 1 al 07 de noviembre 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

Por último, se observó una disminución de los desembarques del calamar gigante, a diferencia de los del calamar común (*Doryteuthis gahi*), pulpo (*Octopus mimus*), concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino (*Penaeus californiensis*), que incrementaron sus valores. La pesca del calamar gigante se encontró distribuida entre el extremo norte (03° 30'S) y frente a Salaverry, aunque la actividad estuvo más concentrada en la zona norte, entre Punta Sal y Talara (**Figura 37**).

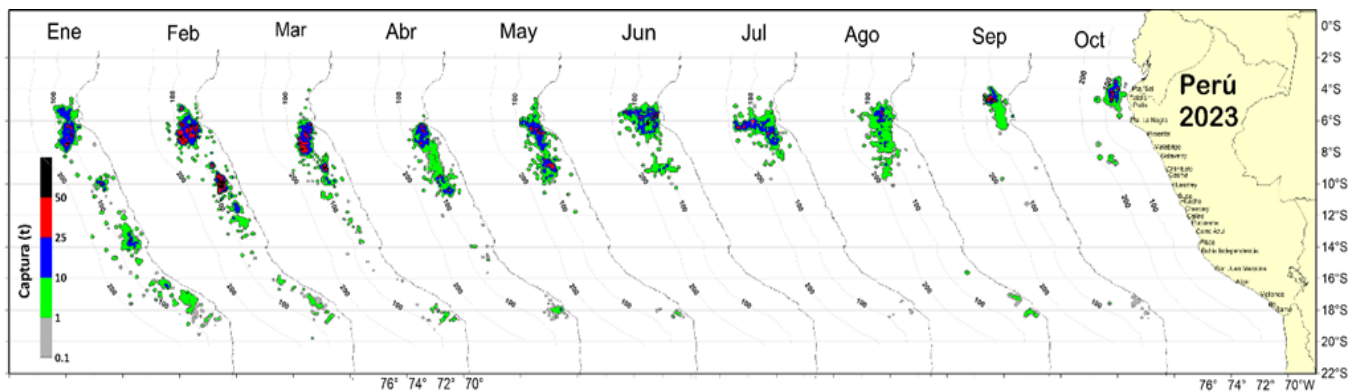


Figura 37. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, enero a octubre 2023.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes octubre y los primeros siete (07) días de noviembre del 2023, el río Tumbes presenta condiciones ligeramente por encima de lo normal, el río Chira con ligueras anomalías negativas y Piura muestra condiciones normales, mientras que los ríos desde Motupe hasta el río Yauca presenta caudales sobre lo normal de forma muy notoria a excepción de los ríos de Huaral, Chillón y Rímac que muestran condiciones normales, mientras que los ríos de la costa Sur, de Ocoña a Caplina, predominan caudales normales a excepción de los ríos de Camaná, Locumba y Caplica, en las cuales se presentaron ligueras anomalías negativas.

Mientras que, en las cuencas de la vertiente del Titicaca 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 mantiene con una tendencia a la normalización, según la época de inicio de incremento del flujo de los ríos. Para el río Amazonas, continúan con caudales por muy debajo de lo normal, con valores dentro de mínimos observados; es necesario resaltar que los primeros días del mes de noviembre, el río Amazonas, en la estación Tanshiyacu, registró su mínimo histórico, desde la década del ochenta, registrando una anomalía negativa de -44.6 % (**Tabla 4**).

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país al ocho de setiembre del 2023

Zona	Ríos	Pentadiarios (m³/s)								Prom. (m3/s)	Anom (%)
		Oct-23						Nov-23			
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	19.4	18.9	18.9	16.8	15.9	23.0	17.5	15.9	18.3	27.1
	Tumbes El Tigre	21.8	21.8	21.6	20.0	19.7	25.9	22.0	19.5	21.6	35.3
	Chira (ardilla)	22.1	24.0	26.6	20.4	11.1	12.5	18.2	6.0	17.6	-16.4
	Chira (Puente Sullana)	4.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	2.5
	Piura	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	Quiroz	7.6	7.0	10.3	8.8	7.7	13.4	14.4	8.5	9.7	-13.8
	Motupe	0.8	1.4	1.5	1.1	0.8	1.2	0.9	0.8	1.1	124.4
	La Leche	3.5	4.4	6.4	2.3	2.1	1.4	1.1	1.0	2.8	40.2
	Chancay Lambayeque	8.9	42.1	28.1	18.1	19.3	17.3	8.1	12.8	19.3	50.5
	Zaña	16.1	49.5	49.8	41.8	55.1	61.5	29.7	12.4	39.5	1233.9
	Jequetepeque	3.0	9.9	13.9	9.8	6.6	14.3	8.2	8.0	9.2	91.3
	Chicama (Salinar)	4.4	17.4	14.8	11.6	8.2	11.3	10.3	6.4	10.6	131.5
	Chicama (Tambo)	4.2	12.1	11.8	9.8	7.0	11.5	7.6	7.0	8.9	144.1
	Moche	0.2	2.0	2.0	2.2	0.9	3.7	0.8	0.9	1.6	256.2
	Santa	69.6	88.9	94.9	80.8	64.4	102.2	78.8	85.2	23.3	39.8
Pacífico Centro	Pativilca	19.8	18.9	25.1	23.8	22.1	21.9	20.0	20.5	21.5	25.0
	Huaura	11.2	11.4	13.4	13.6	15.1	16.2	11.2	11.9	13.0	31.1
	Huaral	4.7	3.9	3.4	4.4	4.6	8.5	3.4	5.0	4.7	-9.7
	Chillón	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.8	2.0	2.1	2.3	-12.8
	Rímac	15.7	15.3	15.6	15.7	14.9	16.2	14.1	16.6	15.5	-6.7
	Lurín	1.6	2.6	2.2	4.9	9.1	4.9	3.0	2.5	3.8	1087.0
	Mala	3.7	7.8	5.0	5.2	10.9	13.3	4.9	6.5	7.2	292.0
	Cañete	15.3	16.2	15.4	16.4	18.1	22.5	14.0	14.7	16.6	39.5
	San Juan	2.9	2.9	3.1	3.8	4.3	7.8	2.8	3.0	3.8	68.4
	Pisco	3.5	2.0	8.1	4.6	15.4	17.7	12.6	12.7	9.6	165.5
Pacífico Sur	Ica	6.8	6.3	6.8	8.4	10.9	7.4	7.1	6.4	7.5	31.7
	Acari	1.1	0.7	1.0	1.8	8.9	1.9	0.5	0.3	2.0	62.5
	Yauca	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	2.1	0.2	0.1	0.4	156.4
	Ocoña	30.5	30.7	32.1	30.5	35.3	36.8	32.7	32.3	32.6	1.8

Zona	Ríos	Pentadiarios (m³/s)								Prom.	Anom
		21.2	22.0	21.8	18.7	23.4	22.3	19.4		21.2	-24.7
	Camaná	7.4	7.4	7.1	7.3	7.3	7.5	7.8	7.7	7.4	-1.9
	Chili	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
	Socabaya	0.1	0.1	0.1	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1	0.3	-9.6
	Huacacane	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.2	1.5	1.2	10.0
	Tumilaca	0.4	0.4	0.4	0.5	1.7	0.6	0.5	0.5	0.6	29.2
	Locumba	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	-42.3
	Sama	0.6	0.6	0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	45.2
	Caplina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	-19.7
Titicaca	Huacacane	1.3	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	-56.6
	Ramis	6.0	5.7	5.4	5.1	5.2	5.4	5.3	5.0	5.4	-52.9
	Ilave	4.8	4.7	3.1	1.7	3.0	4.2	3.3	3.0	3.5	-34.7
	Coata	2.0	2.1	1.5	2.0	6.6	11.1	4.1	2.3	4.0	-36.5
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	116.2	117.6	151.8	128.3	131.1	133.7	122.4	127.2	128.5	-172.6
	Marañón (Cumba)	112.7	139.6	203.5	170.5	182.7	185.8	178.5	175.8	168.6	-73.7
	Crisnejas (Puente)	3.8	8.4	11.9	5.7	3.1	11.7	4.3	3.8	6.6	-38.2
	Crisnejas (Jesús Túnel)	0.3	4.0	3.7	2.3	1.3	2.9	1.0	1.0	2.1	20.7
Huallaga	Sisa	6.0	6.3	6.2	8.2	6.1	7.5	37.0	57.7	16.9	-1.6
	Huallaga (Huayabamba)					236.7	360.9	616.9	1023.8	559.6	-27.2
	Tocache	430.0	789.3	915.4	896.6	893.8	756.0	1996.8	1744.0	1052.7	-1.4
	Huallaga (Tingo María)	140.7	171.8	172.1	251.4	183.3	241.9	269.2	263.7	211.8	-25.3
	Huallaga (Taruca)	19.2	22.0	30.1	34.7	34.2	42.3	31.5	34.2	31.0	-3.5
Mantaro	Mantaro (Pongor)	84.4	87.4	100.8	103.1	102.5	109.0	101.9	112.5	100.2	-2.9
	Mantaro (La Mejorada)	76.8	77.3	85.1	86.5	84.9	91.4	72.3	78.0	81.5	-15.3
	Mantaro (Stuart)	30.4	29.0	36.6	37.2	33.1	33.5	26.8	28.8	31.9	-48.3
	Mantaro (Chulec)	28.3	36.1	40.1	38.7	44.1	34.4	37.1	38.8	37.2	-22.7
Pampas	Pampas	57.4	58.6	70.4	66.7	60.5	63.6	48.6	68.7	61.8	35.6
Apurímac	Apurímac	63.5	61.5	61.5	61.5	65.0	70.2	66.8	65.5	64.4	-8.2
Urubamba	Urubamba (Km 105)	38.2	40.2	39.5	35.1	35.7	40.3	37.0	41.2	38.4	-9.8
	Paucartambo	17.0	19.5	21.2	18.6	19.4	23.8	21.7	21.1	20.3	11.7
	Pisac	29.5	28.5	28.3	25.9	27.4	28.4	26.0	31.6	28.2	-9.4
Ríos Navegables	Madre de Dios	1337.9	1602.7	1916.8	1568.1	1404.2	1251.9	1322.4	3723.4	1765.9	-20.1
	Ucayali (msnm)	138.5	139.0	139.7	139.7	139.2	138.5	140.2	140.2	139.4	-0.5
	Huallaga (Bella Vista)	1508.4	1319.5	1157.8	1716.5	2130.1	1898.7	1400.2	1823.8	1619.4	-70.4
	Marañón (San Regis)	8113.2	8510.0	8735.3	9969.7	10845.8	9953.2	9194.9	10604.8	9490.9	-22.7
	Amazonas (Tanshiyacu)	8719.0	9009.7	8843.0	11588.4	12546.8	11866.2	10374.7	10617.7	10445.7	-44.6

Fuente: SENAMHI, Juntas de Usuarios y Proyectos Especiales

Elaborado: ANA

Los principales embalses del país al 08/11/2023 se encuentran al 48.9 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que todos 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 se encuentra al 90 de su capacidad, mientras los embalses en la sierra centro y sierra sur continúan en sus niveles mínimos históricos, resaltando entre ellas el Lago Junín (con12.9 % de su capacidad) y Sibinicocha (Con 27.9 % de su capacidad) (**Tabla 5**).

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 08 noviembre del 2023

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	8-Nov	Piura	445.5	145.0	32.5
	San Lorenzo	8-Nov	Piura	195.6	73.4	37.5
	Tinajones	8-Nov	Lambayeque	331.6	243.1	73.3
	Gallito Ciego	8-Nov	La Libertad	366.1	266.5	72.8
	SUB TOTAL			1338.7	728.0	54.4
Costa - Centro	Viconga	8-Nov	Lima	30.0	7.0	23.3
	Sistema Rímac	31-Oct	Lima, Junín	282.4	136.5	48.3
	Choclococha	8-Nov	Ica	131.1	70.0	53.4
	Ccaracocha	8-Nov	Ica	40.0	19.8	49.5
	SUB TOTAL			483.5	233.3	48.3
Costa - Sur	Condorama	8-Nov	Arequipa	259.0	117.1	45.2
	El Pañe	8-Nov	Arequipa	99.6	41.8	42.0
	Dique Los Españoles	8-Nov	Arequipa	9.1	3.9	42.9
	Pillones	8-Nov	Arequipa	78.5	21.6	27.5
	El Frayle	8-Nov	Arequipa	127.2	59.1	46.4
	Aguada Blanca	8-Nov	Arequipa	30.4	11.2	36.8
	Chalhuanca	8-Nov	Arequipa	25.0	13.0	52.0
	Bamputañe	8-Nov	Arequipa	40.0	7.5	18.8
	Pasto Grande	8-Nov	Moquegua	200.0	124.0	62.0
	Paucarani	8-Nov	Tacna	10.5	3.2	30.5
	Laguna Aricota	8-Nov	Tacna	280.0	184.9	66.0
	Jarumas	8-Nov	Tacna	13.0	11.7	90.0
	SUB TOTAL			1172.4	599.0	51.1
Sierra - Centro	Cuchoquesera	8-Nov	Ayacucho	80.0	22.6	28.3
	Lago Junín	8-Nov	Junín	441.0	56.9	12.9
	SUB TOTAL			521.0	79.5	15.3
Sierra - Sur	Lagunillas	8-Nov	Puno	585.1	387.5	66.2
	Sibinacocha	8-Nov	Cusco	110.0	30.1	27.4
	SUB TOTAL			695.1	417.6	60.1
Situación Nacional			-	4,210.69	2,057.39	48.9

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas de Alto Piura, las temperaturas cálidas continuaron favorables para la fase de fructificación del mango Edward. En las zonas productoras de Lambayeque, estas temperaturas cálidas promovieron el cuajado y fructificación del mango Kent, especialmente en predios donde el uso de estrategias de manejo agronómico permitió lograr floraciones significativas; mientras que, para las plantaciones de los pequeños productores dichas temperaturas continuaron desfavorables para lograr la floración, favoreciendo el brotamiento vegetativo. En los valles de La Leche y Zaña (Lambayeque), dichas condiciones térmicas promovieron el inicio de panoja y las fases reproductivas del arroz (campaña chica 2023); en tanto que las plantaciones de olivo de la costa sur, se encuentran en la fase de fructificación, inferior a lo reportado durante la campaña previa, debido a las temperaturas ligeramente cálidas (**Figura 38**).

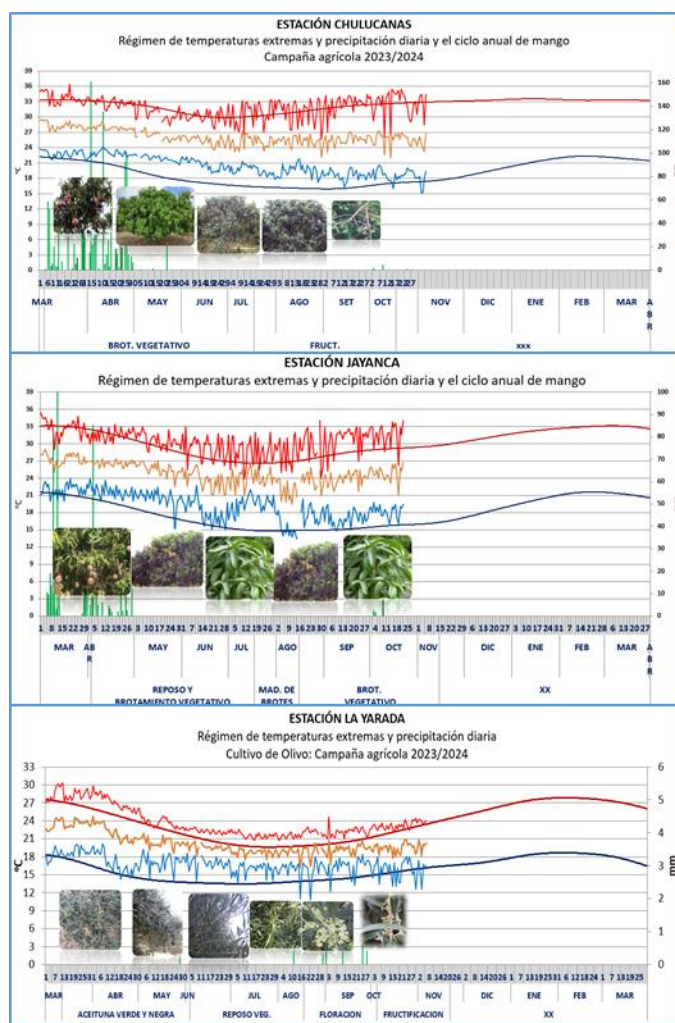


Figura 38. Monitoreo agrometeorológico del mango y olivo campañas agrícolas 2023/2024 en las estaciones de Jayanca, Chulucanas y La Yarada. Fuente: SENAMHI

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 noviembre de 2023, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican en promedio, la condición cálida fuerte hasta febrero de 2024. Entre marzo y abril se esperan condiciones cálidas moderadas y desde mayo a setiembre desde condiciones 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	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	1.70	1.62	1.46	1.23	1.04	0.71	0.23	−0.24	----	----
CanCM4i	2.09	2.28	2.38	2.28	1.94	1.40	0.80	0.13	−0.42	−0.82
GEM5_NEMO	1.82	1.67	1.33	0.87	0.30	−0.27	−0.70	−0.93	−0.99	−0.97
NASA	2.31	2.44	2.25	1.69	1.01	0.50	0.16	----	----	----
GFDL_SPEARE	1.83	1.84	1.77	1.56	1.28	0.89	0.50	0.24	0.15	0.13
COLA	1.45	1.39	1.26	1.07	0.88	0.68	0.48	0.23	0.03	−0.12
Promedio										
NMME	1.87	1.87	1.74	1.45	1.08	0.65	0.25	−0.12	−0.30	−0.44

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, la condición cálida fuerte para diciembre, condiciones cálidas moderadas de para enero de 2024, condición cálida débil entre febrero y marzo; y, finalmente, condiciones neutras entre abril y setiembre **(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	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	1.06	1.07	0.97	0.74	0.24	−0.34	−0.67	−0.68	----	----
CanCM4i	1.87	1.65	1.50	1.55	1.64	1.65	1.36	0.86	0.43	0.18
GEM5_NEMO	1.40	0.95	0.49	0.03	−0.24	−0.38	−0.53	−0.67	−0.73	−0.65
NASA	1.77	1.31	0.72	0.25	0.07	0.01	−0.14	----	----	----
GFDL_SPEARE	1.88	1.54	1.13	0.81	0.73	0.66	0.50	0.26	0.12	0.12
COLA	1.40	0.95	0.49	0.03	−0.24	−0.38	−0.53	−0.67	−0.73	−0.65
Promedio										
NMME	1.56	1.24	0.88	0.57	0.37	0.20	0.00	−0.18	−0.23	−0.25

Analizando las proyecciones basadas en la información de altimetría satelital, la onda Kelvin cálida que debe arribar en las siguientes semanas muestra una disminución de su intensidad conforme se acerca a la costa americana, la cual se localiza en 95°W , aproximadamente. Por otro lado, la señal de la onda Kelvin cálida en la termoclina se localiza en 120°W , aproximadamente, y su magnitud es inferior a las observadas anteriormente durante el evento El Niño costero 2023 (**Figura 3**). Por otro lado, en el extremo occidental, se observa la presencia de una onda de Kelvin fría que sería consecuencia de la reflexión de un paquete de ondas Rossby que están arribando al borde occidental del Pacífico (**Figura 4b**). El paquete de ondas de Rossby cálidas aún siguen desplazándose hacia el borde occidental, actualmente se localizan cerca a la línea de cambio de fecha (**Figura 4b**).

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado para el diagnóstico con vientos de ASCAT (**Figura 39**) y luego con vientos igual a cero, muestra a lo largo de la costa peruana la presencia de ondas de Kelvin cálidas durante noviembre, diciembre e inicios de enero. 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 débiles a partir de noviembre, pero a fines de diciembre e inicios de enero serían 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. Asimismo, hay que tener en cuenta que estos modelos no pueden simular la disminución en la intensidad de la señal de las ondas Kelvin al acercarse a la costa americana como consecuencia de los cambios en la estructura vertical del océano en la zona oriental, escenario que se está observando actualmente.

Según la simulación de ondas ecuatoriales del IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 05 de noviembre 2023 y pronosticada con vientos climatológicos, entre noviembre 2023 y enero 2024 se espera la llegada a la costa sudamericanas de tres ondas Kelvin cálidas y una onda Kelvin fría. Entre noviembre e inicios de diciembre arribaría una onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del oeste entre setiembre y octubre. Para diciembre, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 1) [generada en el Pacífico ecuatorial occidental debido a la reflexión de una onda Rossby fría en setiembre], pero estaría debilitada por las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial ocurridas en octubre. Asimismo, en diciembre, se espera la llegada de otra onda Kelvin cálida (modo 2), también generada por las anomalías de vientos del oeste entre setiembre y octubre en el Pacífico ecuatorial occidental. Finalmente, entre fines de diciembre e inicios de enero arribaría una onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental entre octubre y noviembre (**Figura 41**)

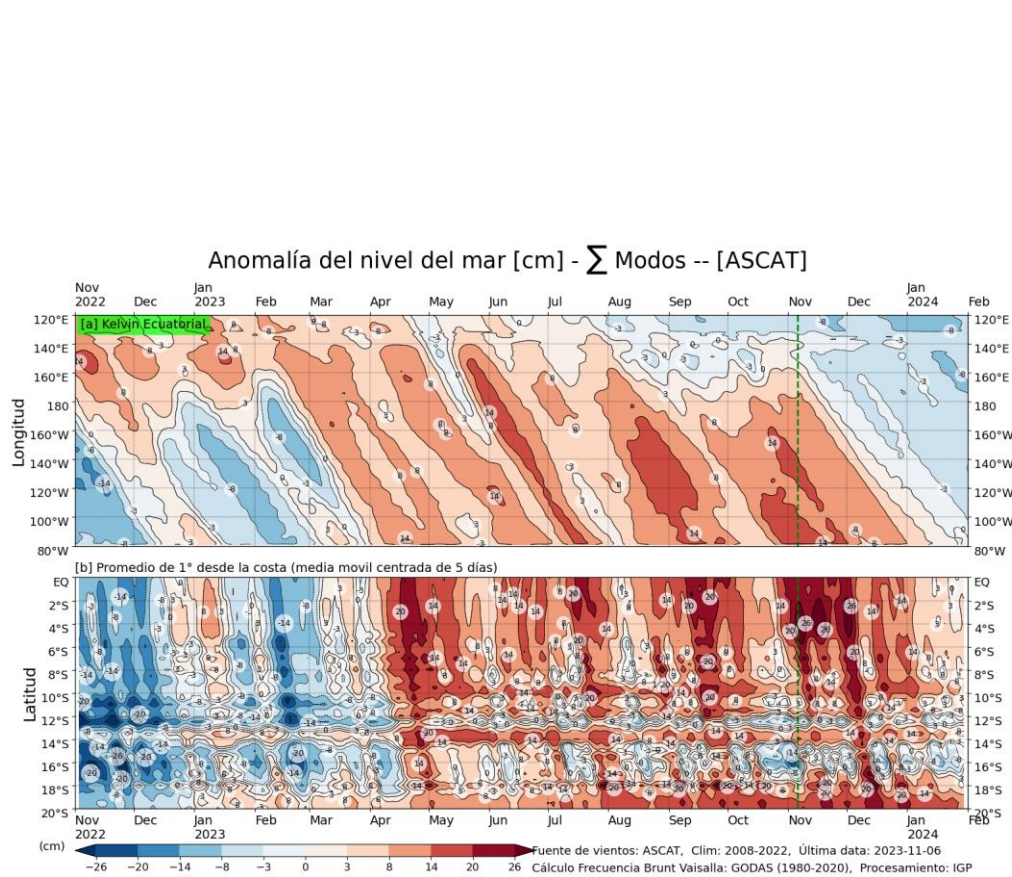


Figura 39. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

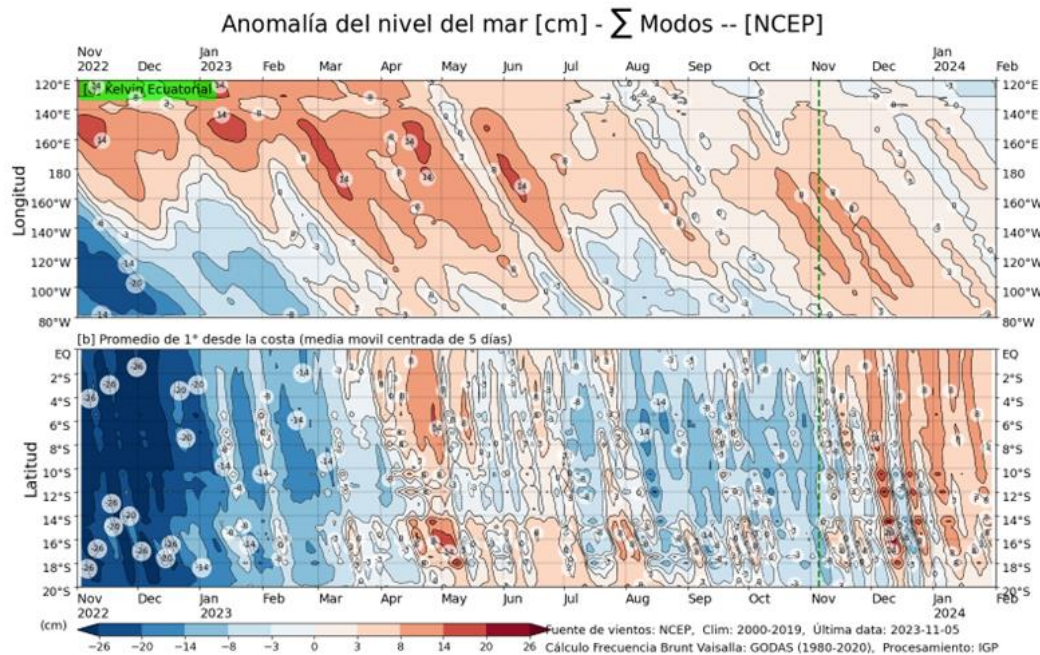


Figura 40. Igual que la Figura 41 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

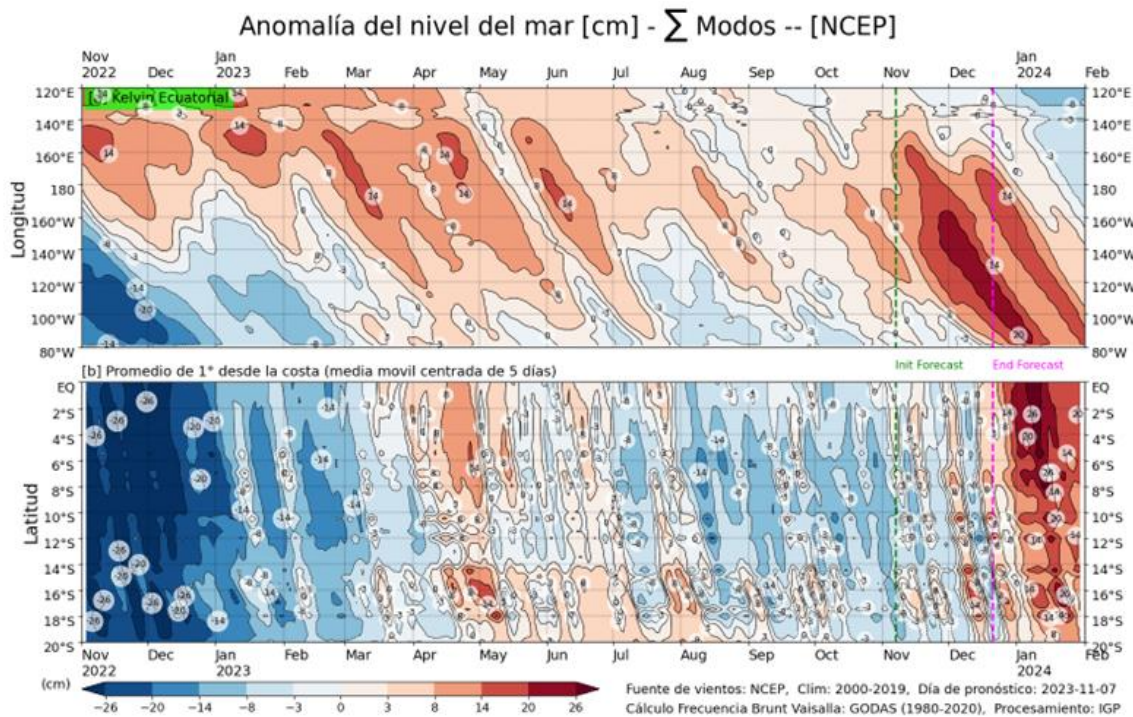


Figura 41. Igual que la Figura 42, pero para el pronóstico de los siguientes 41 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

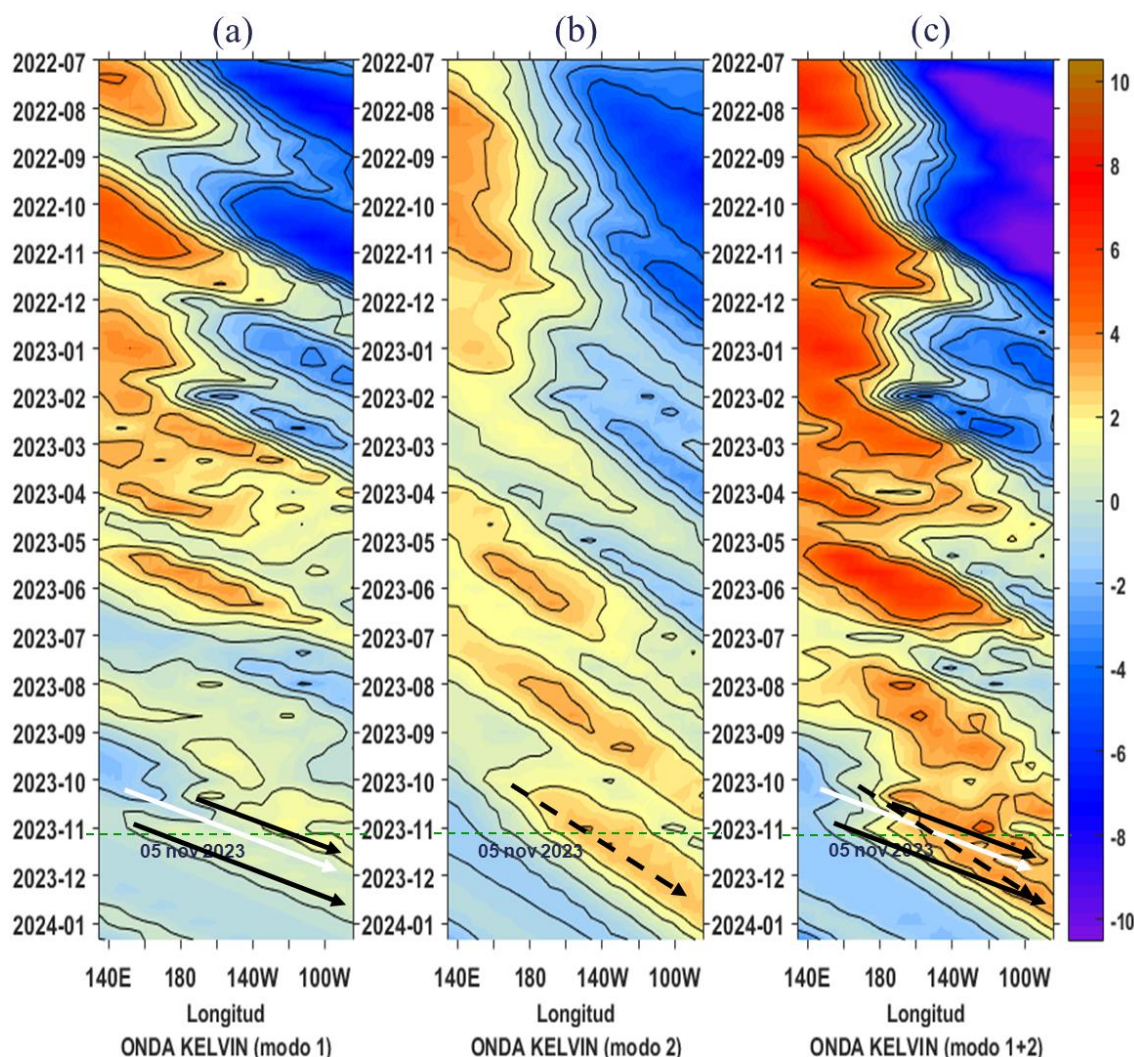


Figura 42. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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 con 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, la mayor probabilidad de condición cálida fuerte, hasta marzo de 2024 (**Tabla 8 y Figura 42**). Para el verano 2023-2024, el evento alcanzaría la magnitud cálida fuerte (**Tabla 9**).

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

Pacífico central	Noviembre (%)	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril(%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	1
Neutro	0	0	0	0	1	9
Cálida débil	0	0	0	3	9	23
Cálida moderado	10	7	9	18	42	45
Cálida fuerte	78	80	79	70	47	22
Cálida muy fuerte	12	13	12	9	1	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas fuertes hasta febrero de 2024, (**Tabla 9 y Figura 43**). Finalmente, de forma similar se esperaría la misma condición para el verano 2023-2024 (**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 abril 2024.

Pacífico oriental	Noviembre (%)	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero(%)	Marzo(%)	Abril(%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	1
Neutro	0	0	0	1	5	10
Cálida débil	0	2	2	8	21	33
Cálida moderado	44	40	40	44	37	41
Cálida fuerte	56	58	57	46	36	15
Cálida extraordinario	0	0	1	1	1	0

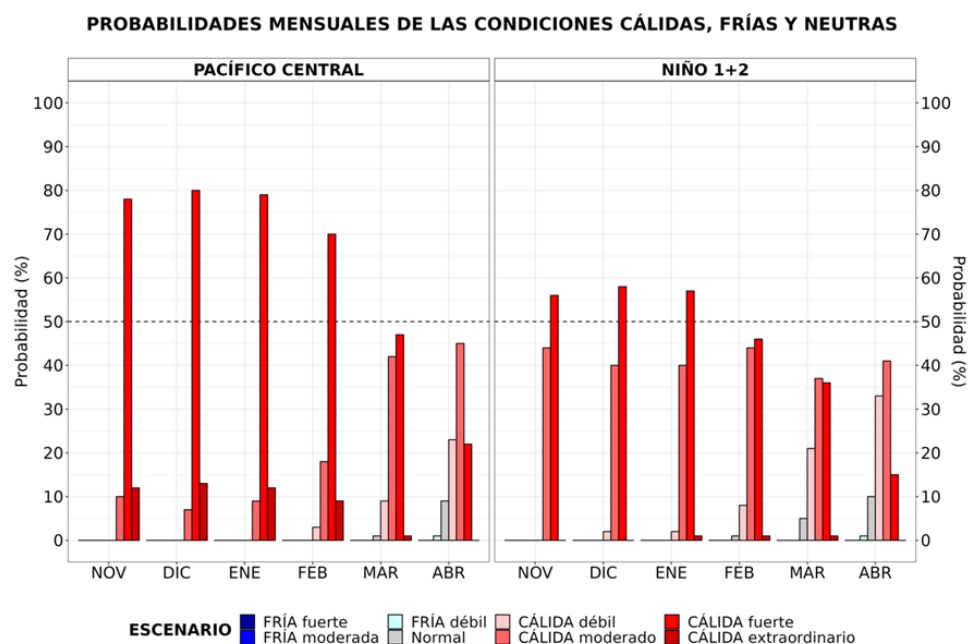


Figura 43. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre noviembre y abril 2024.

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	1
El Niño Moderado	31
El Niño Fuerte	62
El Niño Muy fuerte	6

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	2
El Niño Débil	14
El Niño Moderado	41
El Niño Fuerte	42
El Niño Extraordinario	1

Según el pronóstico noviembre 2023-enero de 2024³, sugiere 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, en el contexto de El Niño costero, es probable la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal en la costa norte y central, así como la sierra norte, principalmente; sin descartar lluvias muy fuertes⁴ en estos sectores. Considerando el escenario de El Niño en el Pacífico central se prevé lluvias por debajo de lo normal en la región andina, particularmente en la sierra sur oriental⁴. (<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-12.pdf>)

³ Pronóstico estacional octubre-diciembre de 2023: www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-40.pdf

⁴ “Lluvias muy fuertes” se definen como el percentil 95% de la precipitación diaria; “lluvias extremas” se definen como el percentil 99% de la precipitación diaria. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-6.pdf>

⁵ Escenario probabilístico de lluvias para el verano (enero-marzo) 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-12.pdf>

⁶ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional noviembre 2023-marzo 2024: <https://www.SENAMHI.gob.pe/load/file/02694SENA-39.pdf>

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 con una tendencia descendente; asimismo, los caudales de los principales ríos afluentes al lago Titicaca presentarían un comportamiento por debajo de lo normal.⁵ En el verano 2024, en 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.⁶

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, para las próximas semanas, se espera que la distribución del stock norte-centro de la anchoveta se mantenga dentro de las 60 mn. Continuará la disponibilidad de perico a lo largo del litoral. En cuanto al proceso reproductivo del bonito, este tendrá una alta actividad de maduración y desove. En relación a la situación de los recursos demersales para las próximas semanas, se prevé que se mantenga la baja disponibilidad de la merluza a la pesquería industrial. Asimismo, se espera que el calamar gigante o pota mantenga su disponibilidad a la pesquería de 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. Para el próximo verano de 2024, en promedio, las magnitudes más probables de El Niño costero son fuerte (42%) y moderada (41 %)

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) se espera que El Niño continúe por lo pronto hasta mediados de otoño de 2024, alcanzando su máxima intensidad entre fines de este año e inicios del 2024. Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico central para el verano son fuerte (62%) y moderada (31%)

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 de 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 24 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., 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 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 Bitácoras de Pesca (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS	TRMM-3B42			SeaWiFS + MODIS	GFS	MERCATOR Ocean
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,

[illegible]