

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 9 N° 7

MAYO 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

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)

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Guillermo Antonio Baigorria Paz

Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

José Luis Aguilar Huertas

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: 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° 7, mayo de 2023, 58 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: 31 de mayo de 2023



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú Mayo 2023

INDICE

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 EN MAYO DE 2023.....	10
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	10
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales.....	15
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	31
3.4.	Condiciones hidrológicas.....	39
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	41
IV.	PERSPECTIVAS	42
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
VI.	REFERENCIAS	49
VII.	ANEXO	51

I. INTRODUCCIÓN

Existen registros que El Niño - Oscilación Sur (ENOS) en su fase cálida y fría, El Niño y La Niña respectivamente, tienen distintos efectos en el sistema tierra, con más repercusión e intensidad en determinadas zonas del mundo (tele conexiones). En el caso de Perú, 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

2.1. Variables

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

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

Como parte del procedimiento de análisis, se realiza una estimación del sesgo en cada uno de los sensores de satélite contribuyentes. Esto se realiza calculando emparejamientos entre cada sensor de satélite y un conjunto de datos de referencia (actualmente compuesto por los datos *in situ* y un subconjunto de los datos de satélite MetOp AVHRR). Estas diferencias se introducen luego en un procedimiento de Interpolación óptima para producir campos de polarización cuadriculados 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 EN MAYO DE 2023

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

La anomalía positiva de la TSM exhibió una tendencia al incremento en todo el Pacífico ecuatorial durante la primera quincena de mayo, con valores superiores a 2 °C en la región oriental; en tanto que, durante la segunda quincena desciende cerca de 0,5 °C en la región central-oriental, al este de 150°W (Figura 1 y Figura 2). Según los datos del OISTT en la región Niño 4 la anomalía varió durante las dos últimas semanas de mayo, en promedio de 0,3 a 0,4 °C; en Niño 3.4, de 0,5 a 0,4; en Niño 3, de 0,9 a 0,8°C y en la región Niño 1+2, de 1,7 a 2,0 °C (Tabla 1).

Tabla 1. Valores semanales (centradas 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
26-Abr-23	27.6 2.4	28.1 0.7	28.3 0.4	29.0 0.4
03-May-23	27.7 2.7	28.2 0.8	28.3 0.4	28.9 0.3
10-May-23	27.0 2.4	28.2 0.9	28.3 0.5	29.0 0.2
17-May-23	26.2 1.7	28.0 0.9	28.4 0.5	29.1 0.3
24-May-23	26.1 2.0	27.9 0.8	28.2 0.4	29.2 0.4

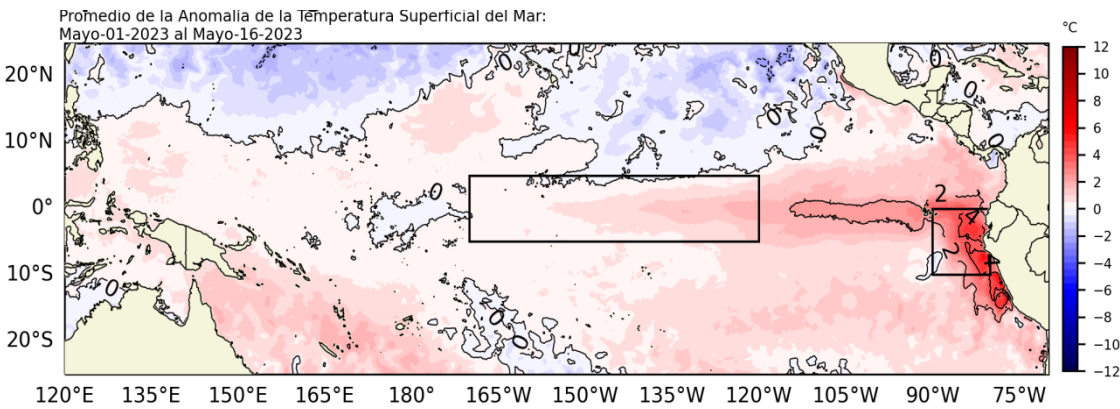


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico del 01 al 16 de mayo 2023. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV

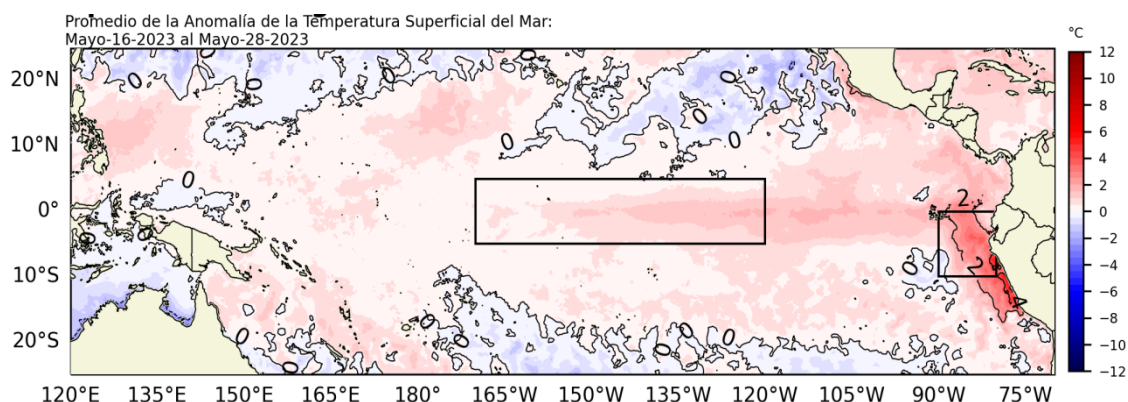


Figura 2. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico del 16 al 28 de mayo 2023. Fuente: OSTIA.
 Procesamiento: DIHIDRONAV.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo corresponde a la condición cálida moderada y el ICEN temporal (ICEN- tmp) de abril se ubica dentro de la condición cálida fuerte. Por otro lado, los valores del ONI de marzo y del ONI temporal (ONItmp) de abril corresponden a las condiciones neutras (Tabla 2).

Tabla 2. Valores del ONI e ICEN desde abril de 2022 hasta marzo de 2023 y sus valores temporales de abril.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
abr-22	-1,10	Fría Débil	-1,08	Fría Moderada
may-22	-1,36	Fría Moderada	-1,00	Fría Moderada
jun-22	-1,36	Fría Moderada	-0,85	Fría Débil
jul-22	-1,03	Fría Débil	-0,81	Fría Débil
ago-22	-0,93	Neutro	-0,93	Fría Débil
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
abr-23	2,13	Cálida Fuerte	0,13	Neutro

Fuente: IGP

Según la información *in situ* y remota de la zona ecuatorial y la de los modelos de ondas, se observa principalmente la presencia de ondas de Kelvin cálidas; un paquete de estas ondas se localiza en la zona oriental del Pacífico (al Este de 135°W); mientras que el otro se ubica alrededor de 160°E, este se habría formado durante la segunda quincena de mayo (Figura 3).

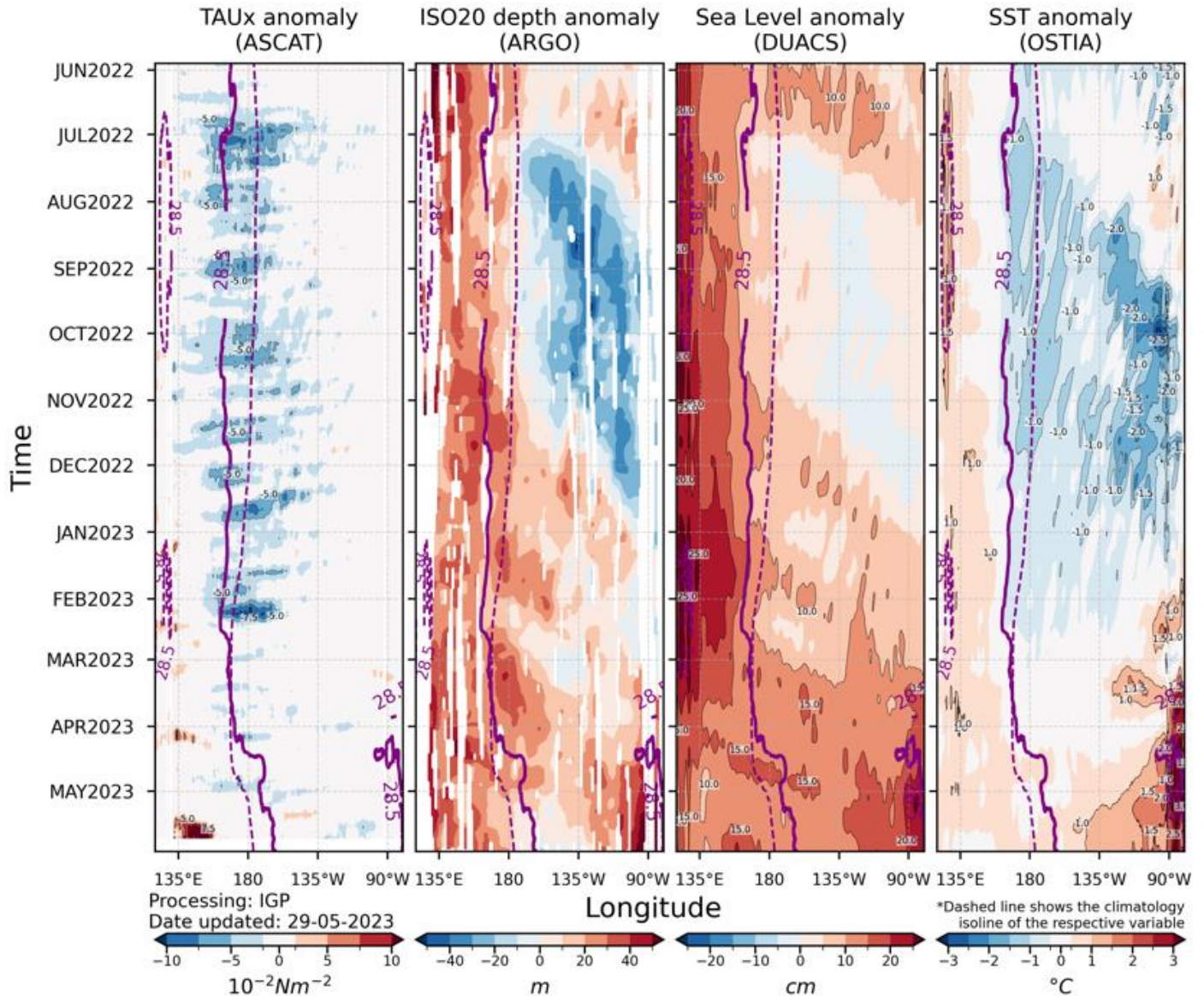


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) Fuente: OSTIA. Elaboración: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

En el Pacífico ecuatorial, entre la segunda y tercera semana de mayo, se intensificó la actividad conectiva entre los 120°E y 180°, la cual estuvo asociada al desarrollo del tifón Mawar; del mismo modo, se observó convección sobre el Pacífico central, alrededor de los 120°W. La formación del tifón Mawar, que habría sido favorecida por la fase divergente de la oscilación de Madden Julian

(MJO por sus siglas en inglés), contribuyó al desarrollo de un pulso de vientos del oeste en niveles bajos de la tropósfera sobre el Pacífico occidental, los cuales perduraron hasta finales de mayo. En niveles altos de la tropósfera, al norte del ecuador y sobre el Pacífico centro-oriental, predominaron vientos anómalos de componente oeste; aunque mostraron un debilitamiento los últimos días (Figura 4).

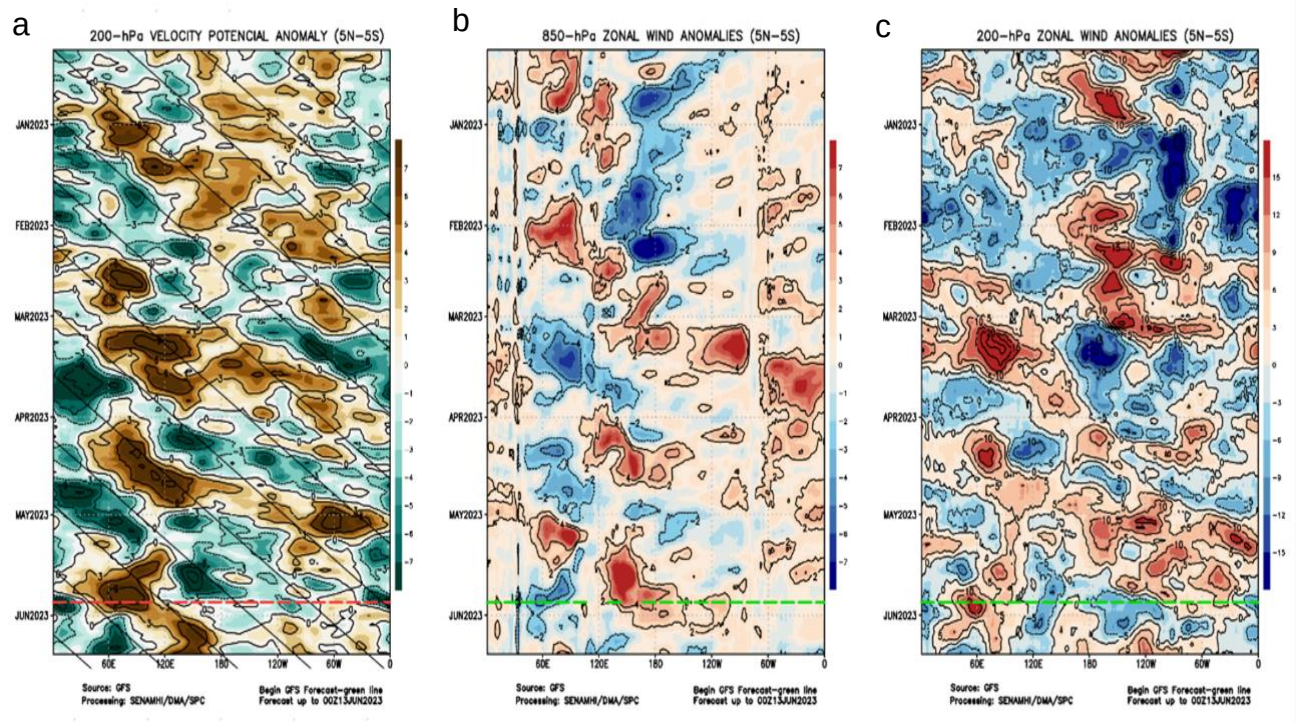


Figura 4. Anomalías promedio, ente los 5°N y 5°S de la (a) velocidad potencial en 200 hPa (b) viento zonal en 850 hPa y (c) viento zonal en 200 hPa. La línea verde muestra el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

Entre el 10 y el 30 de mayo, la posición del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) estuvo modulado por la presencia de sistemas de bajas presiones ubicadas, en promedio, al sur de los 40°S (Figura 5). En dicho periodo, a pesar de que periódicamente el núcleo del APS se ubicó al oeste de su posición habitual, la proyección de su dorsal hacia continente y el paso de vaguadas en altura favorecieron episodios de intensificación de viento, principalmente frente a la costa central, aunque estos fueron de menor intensidad a los registrados a inicios del mes (Figura 6).

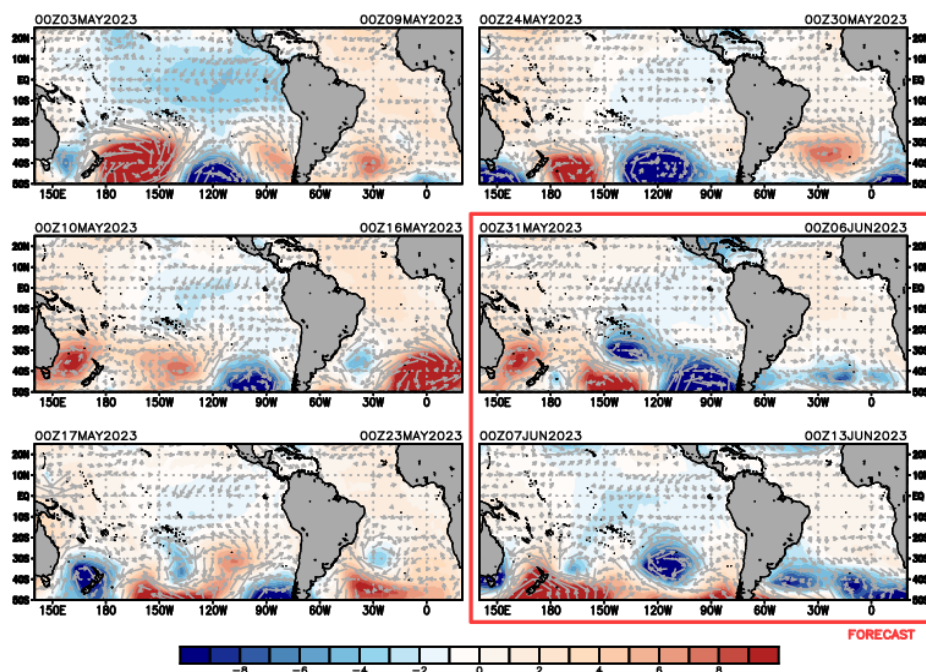


Figura 5. Anomalia promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 03 - 30 de mayo de 2023. Pronóstico: 31 de mayo al 13 de junio de 2023. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI-SPC

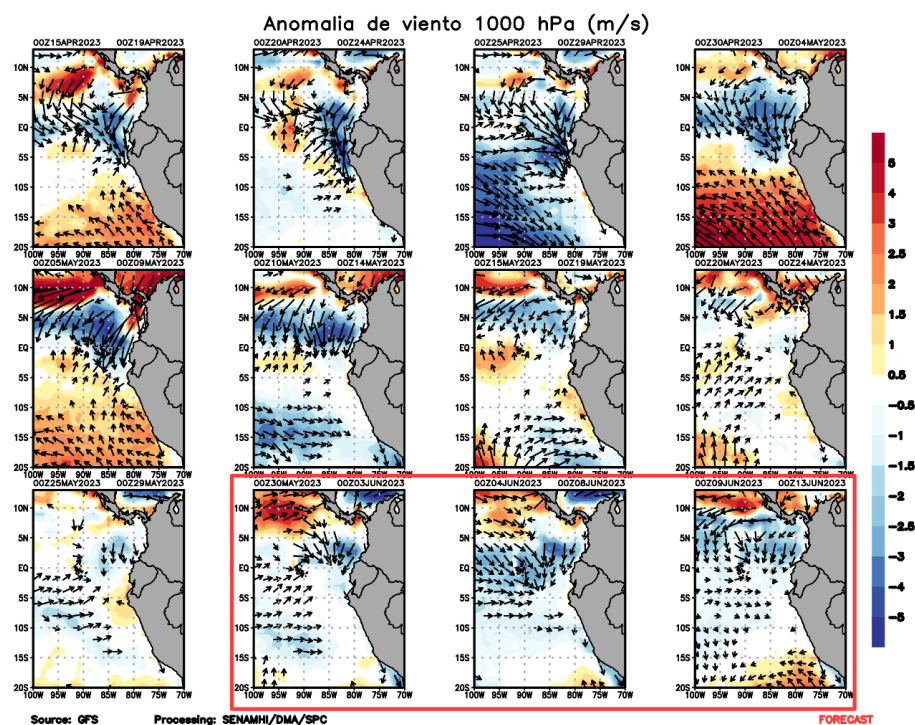


Figura 6. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 15 de abril al 29 de mayo de 2023. Pronóstico: 30 de mayo al 13 de junio de 2023. Procesamiento: SENAMHI.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 40 km, se presentaron vientos moderados ($4,1 < VV < 6,8 \text{ m s}^{-1}$) a fuertes ($VV > 6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías de la velocidad del viento (AVV) en el rango positivo (mayor a $+2,0 \text{ m s}^{-1}$), principalmente desde Talara hasta San Juan de Marcona; mientras que, al norte de Talara y al sur de San Juan de Marcona, predominaron vientos moderados con AVV en el rango neutral a negativo (menor a $-1,0 \text{ m s}^{-1}$). La mayor intensidad del viento se registró entre Pisco a San Juan de Marcona (Figura 7).

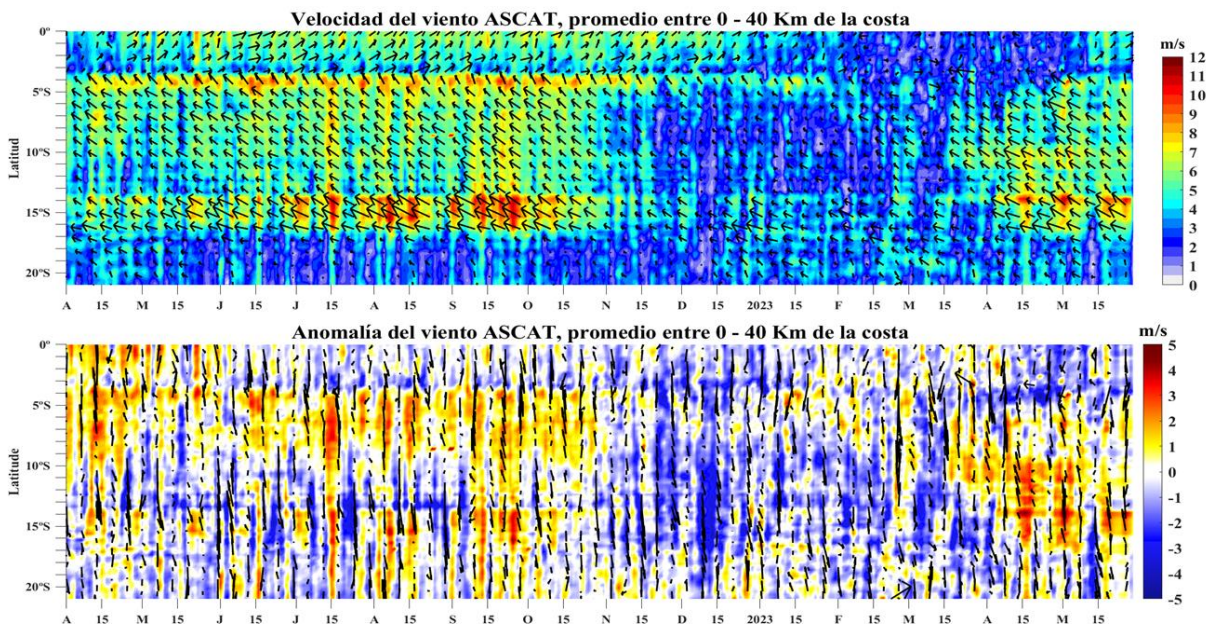


Figura 7. Viento Satelital (40 km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}) Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. La información del viento de los días 21 al 29 corresponden a información del modelo GFS.

El índice de afloramiento costero presentó valores mayores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$, entre Paita y Pisco, superiores en promedio respecto al mes de abril y exhibiendo anomalías positivas en la primera y tercera semanas de mayo, principalmente entre Pisco y San Juan de Marcona. El bombeo de Ekman exhibió la predominancia de anomalías positivas en mayo, vinculadas a la intensificación de los vientos oceánicos, aunque con fluctuaciones y anomalías negativas a mediados del mes (Figura 8).

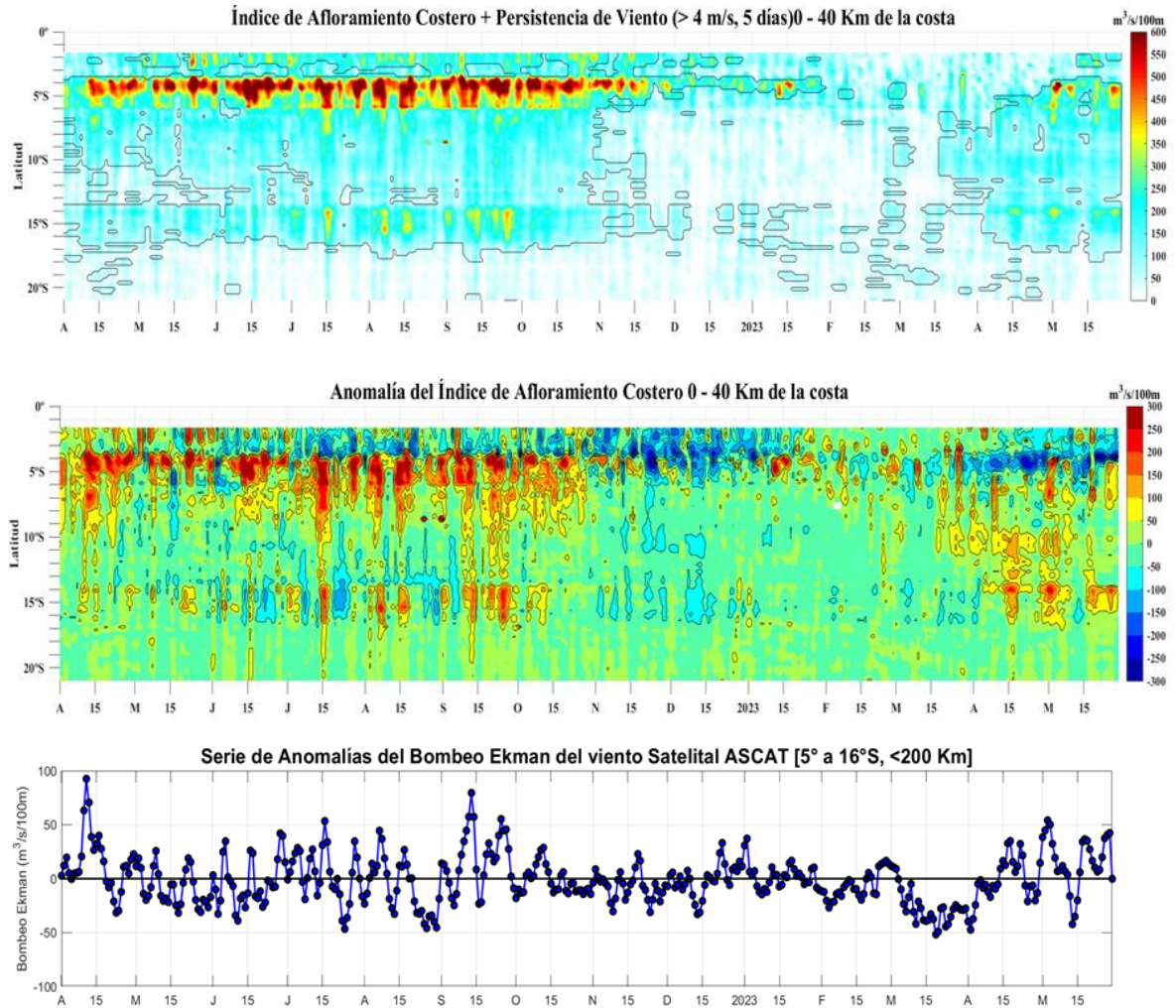


Figura 8. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$); c) Anomalía del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 km adyacentes a la costa entre los 5 y 16° S ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE

En la segunda y lo que va de la tercera decadiaria de mayo, las temperaturas extremas del aire continuaron registrando valores por encima de lo normal en gran parte de la costa peruana (Figura 9). Entre el 21 y el 29 de mayo, la temperatura máxima del aire registró, en promedio, anomalías de 2,5, 2,8 y 1,5 °C en la costa norte, centro y sur, respectivamente; mientras que el promedio de la temperatura mínima del aire para esos mismos sectores alcanzó valores de 2,7; 3,2 y 1,3 °C. En lo que va de mayo, entre Tumbes y Lima, se han registrado varios récords en la temperatura mínima del aire, de los cuales el valor más alto se registró en La Cruz, Tumbes, con 26,1 °C. Mientras que solo se registraron récords en la temperatura máxima en Piura y Lima, con valores de 35 y 31,5 en las estaciones de Bernal y Camay, respectivamente.

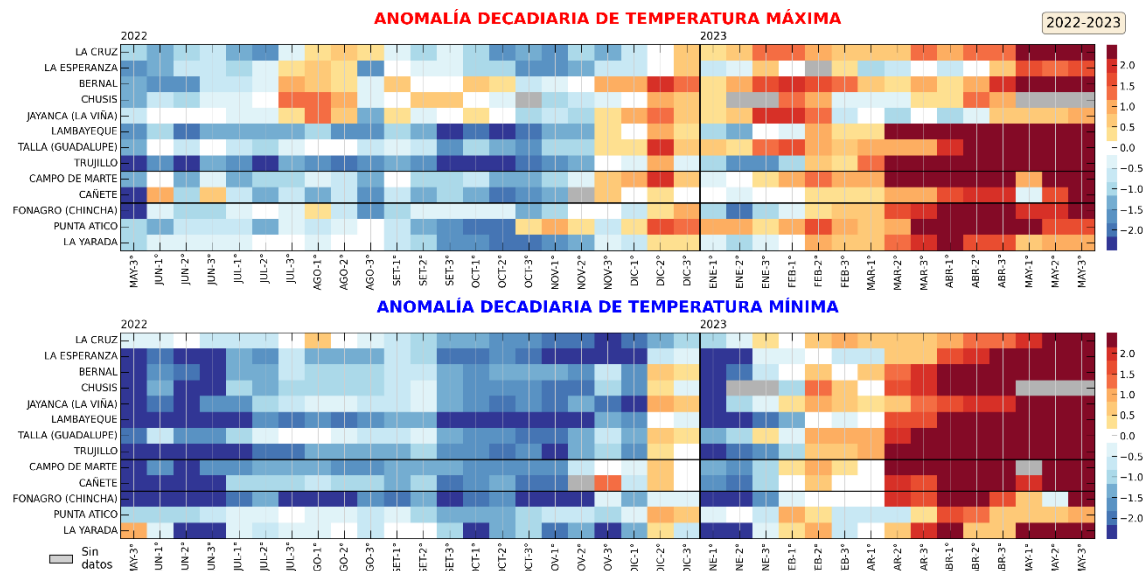


Figura 9. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: Senamhi

La TSM en el mar peruano continuó manifestando condiciones cálidas, con valores mayores de 24 °C al norte de los 15°S y por fuera de las 50 millas de la costa norte y centro, alcanzando los 28 °C por fuera de las cien millas de la zona norte y frente a la costa de Tumbes. Temperaturas menores de 23 °C se distribuyeron al sur de la misma latitud, disminuyendo éstas hacia la zona costera hasta 19 °C, principalmente durante la última quincena de mayo. Frente a la costa centro se mantienen núcleos de anomalías hasta de +5 °C, pero con una reducción en su extensión, entre los 07°S-15°S, cerca de 60 millas de la costa. Para la última semana de mayo, las anomalías disminuyeron frente a la costa norte y sur, manifestando condiciones neutras por fuera de las 30 millas (zona sur) (Figura 10).

A otra escala, en el litoral de Perú la TSM continuó con anomalías positivas, predominando 3 °C frente al litoral norte y centro durante mayo, viéndose una disminución de hasta 2 °C en la costa norte. Por otro lado, en el litoral sur se presenta una tendencia creciente de temperatura durante mayo, alcanzando anomalías superiores a +2 °C para la última semana (Figura 11 y Figura 12). El calentamiento que afecta el mar peruano continúa su desarrollo como una ola de calor marina (OCM, Hobday et al., 2016), habiendo perdido un 20 % de su extensión en comparación a su máxima cobertura alcanzada en abril, principalmente debido a un ligero repliegue oceánico y una fragmentación al norte de Punta Falsa al día 76 desde el inicio de la OCM. Al 27 de mayo, la cobertura de la OCM (entre los 2°S y 15°S y dentro de las 150 mn de la costa) alcanzó 2,73 x 10⁵ km², mientras que el área con anomalías de ATSM > 4 °C, un indicador de la intensidad de la OCM, ha disminuido significativamente, en un 90 % respecto a su pico de mediados de abril. En comparación al El Niño Costero 2017, preliminarmente, la OCM asociada a El Niño Costero 2023 ha superado en lo que va del mes al primero en duración (91 días a la fecha vs. 75 días) y en intensidad acumulada en la capa superficial (338,89 °C días vs 300 °C días) (Figura 13).

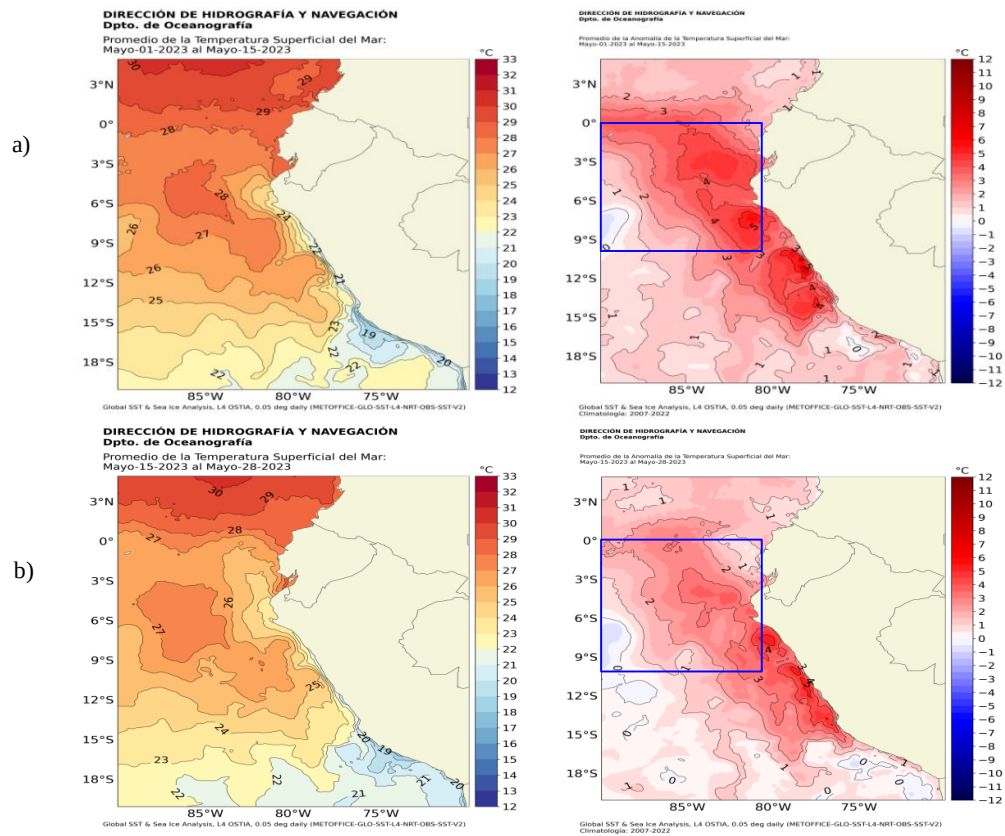


Figura 10. Distribución superficial de la temperatura y su anomalía de a) 01-15 de mayo 2023 y b) 15-28 de mayo 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2022. Elaboración: DIHIDRONAV.

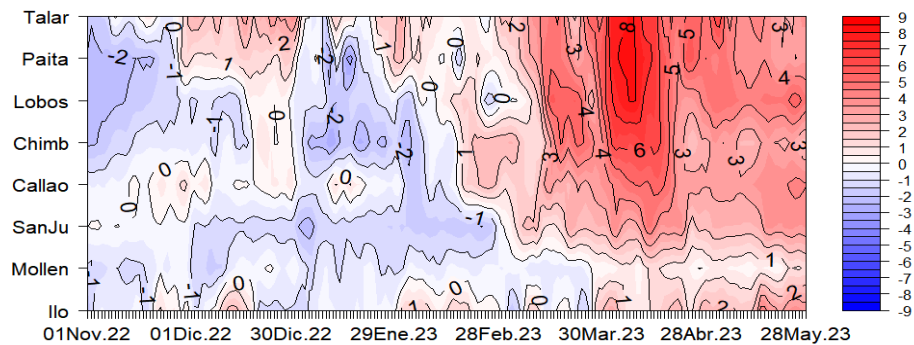


Figura 11. Diagrama Hovmöller de anomalía de TSM diaria en el litoral peruano del 1 de noviembre 2022 al 28 de mayo 2023, Climatología: 1981-2010. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

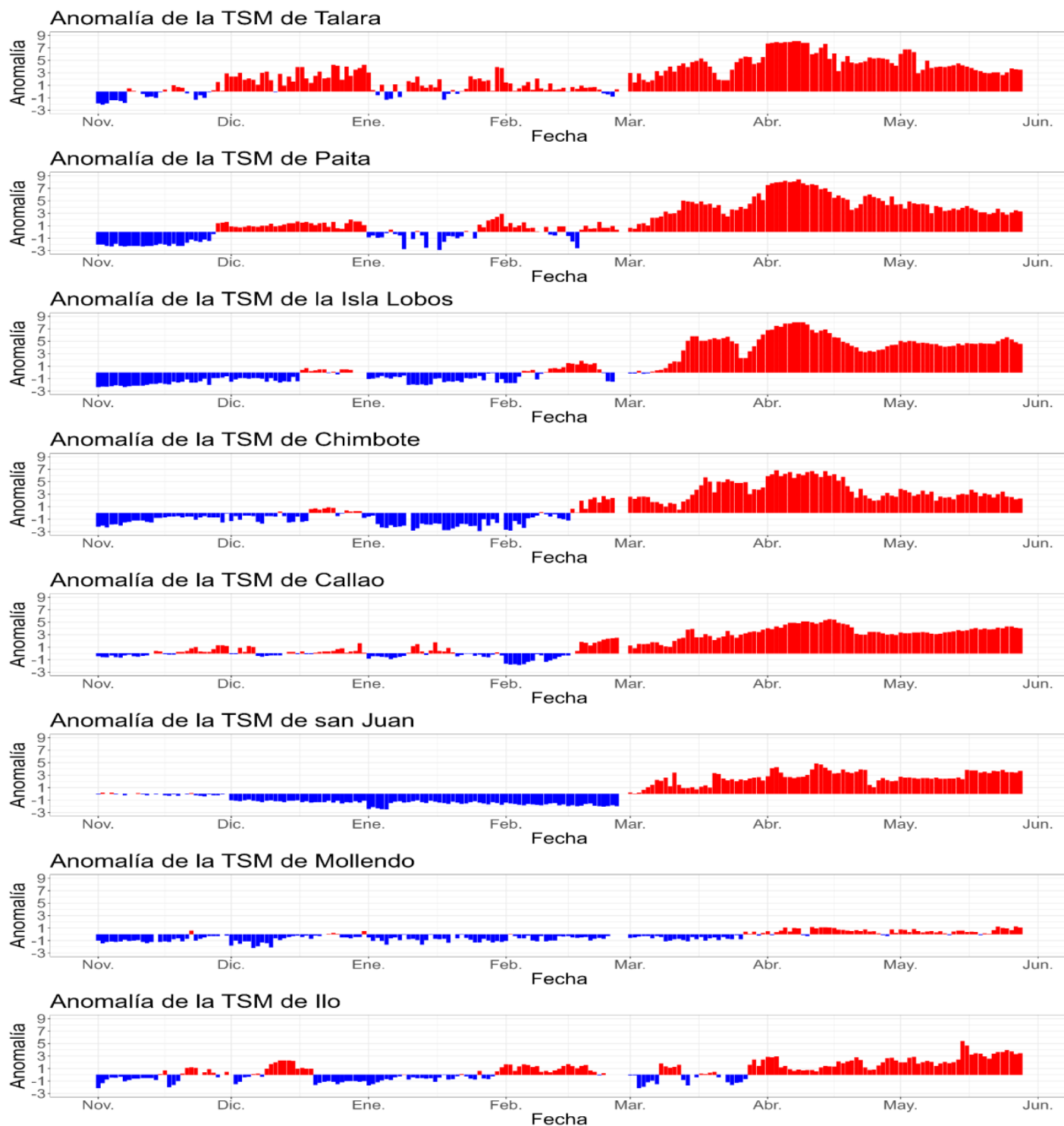


Figura 12. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de noviembre 2022 a mayo 2023. Climatología: 1981-2010. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

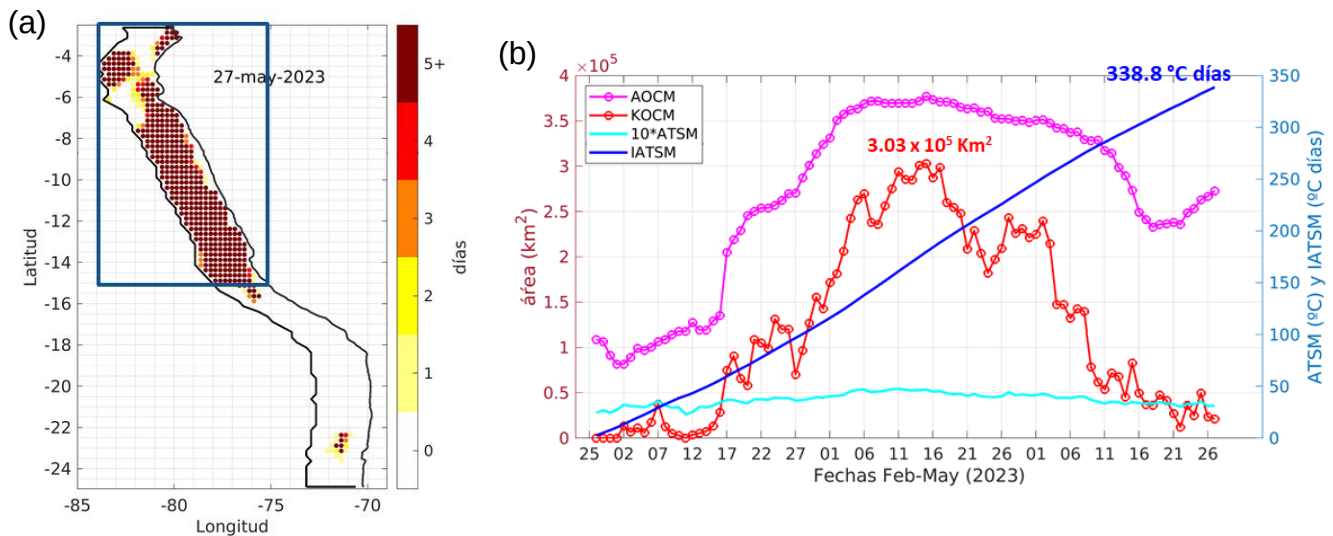


Figura 13. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 27 de mayo 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); b) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 2 y 15°S y dentro de las 150 mn (recuadro en figura a): área de la OCM (AOCM, Km²); área del núcleo de la OCM (KOCM, Km²) -donde la ATSM > +4 °C-; anomalía diaria de la ATSM; y anomalía integrada (IATSM; °C x días). Las cifras corresponden al máximo de la KOCM, alcanzado el 15 de abril (en ENC 2017 fue el 15 de marzo y de aproximadamente 1.85 x 10⁵ Km²) y a la IATSM al 27 de mayo. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

El nivel del mar se mantiene por encima de su nivel medio en todo el mar de Perú, con mayores anomalías y cobertura espacial en la zona norte, alcanzando hasta 30 cm de anomalía al norte de los 16°S, durante la última quincena de mayo. Frente a la costa centro de Perú se mantienen los remolinos de meso escala anticiclónicos (tres), lo que se asocia a la elevación de los niveles de mar y la permanencia de mayores temperaturas (Figura 14). En la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana, exhibieron un incremento entre la segunda y tercera semana de mayo, superando los 30 cm entre Punta Sal y Huacho; sin embargo, en los últimos días se ha presentado una tendencia descendente (Figura 15). Este episodio de elevación de la ANM está asociado a la propagación de la onda Kelvin cálida que arribó a la región Niño 1+2 en la primera quincena de mayo (Figura 15). Asimismo, en el litoral las anomalías se mantuvieron positivas, mayores de 20cm, durante la primera quincena de mayo, disminuyendo gradualmente en todo el litoral durante la tercera semana de mayo, lo que se atribuiría al fortalecimiento de los procesos de afloramiento costero (por intensificación de los vientos) y a la presencia de vientos de anomalías del este en la región oriental del Pacífico ecuatorial (cerca de la costa Sudamericana). Sin embargo, durante la última semana de este mes, el NM ha manifestado un ligero incremento en todo el litoral (Figura 16 y 17).

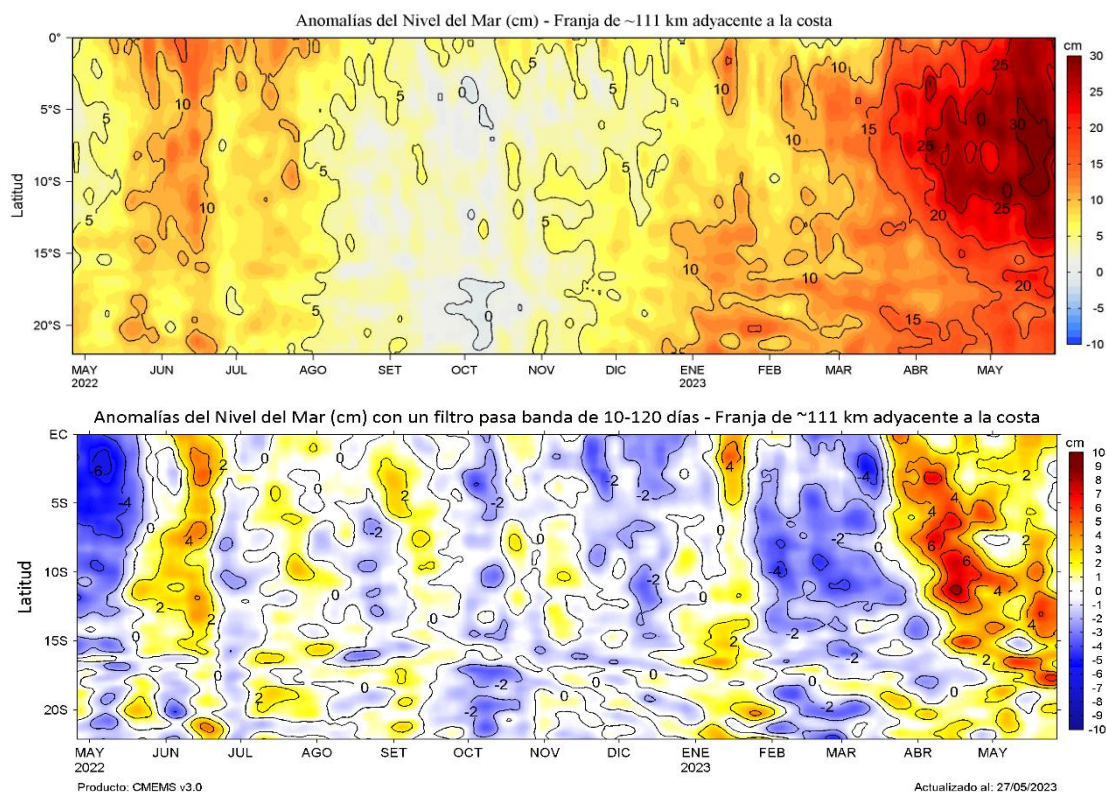


Figura 14. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses, al 27 de mayo 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

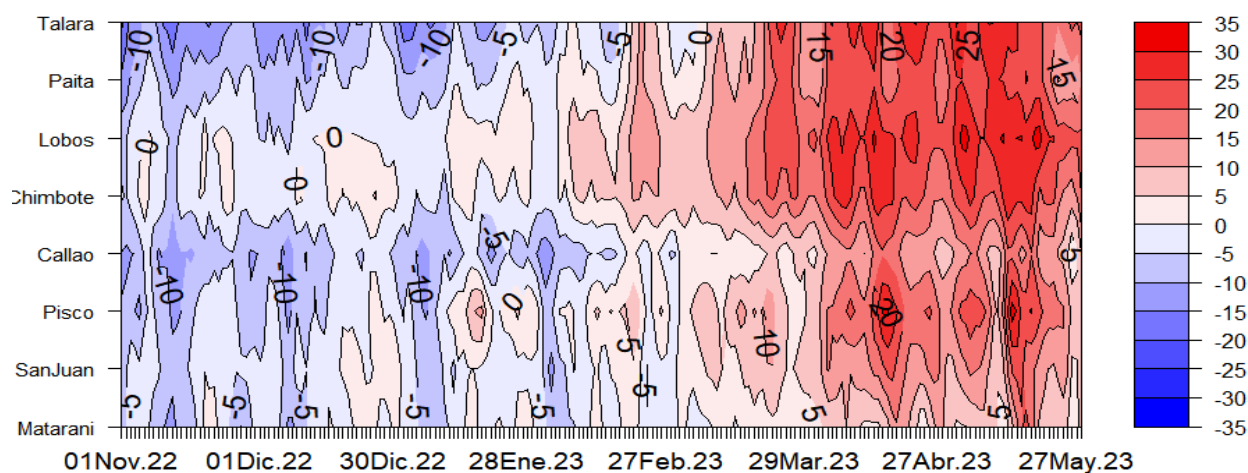


Figura 15. Diagrama Hovmöller de anomalía de NM en el litoral de Perú (con filtro móvil anual). noviembre 2022 a mayo 2023, Climatología: 1981-2010. Procesamiento: DIHIDRONAV.

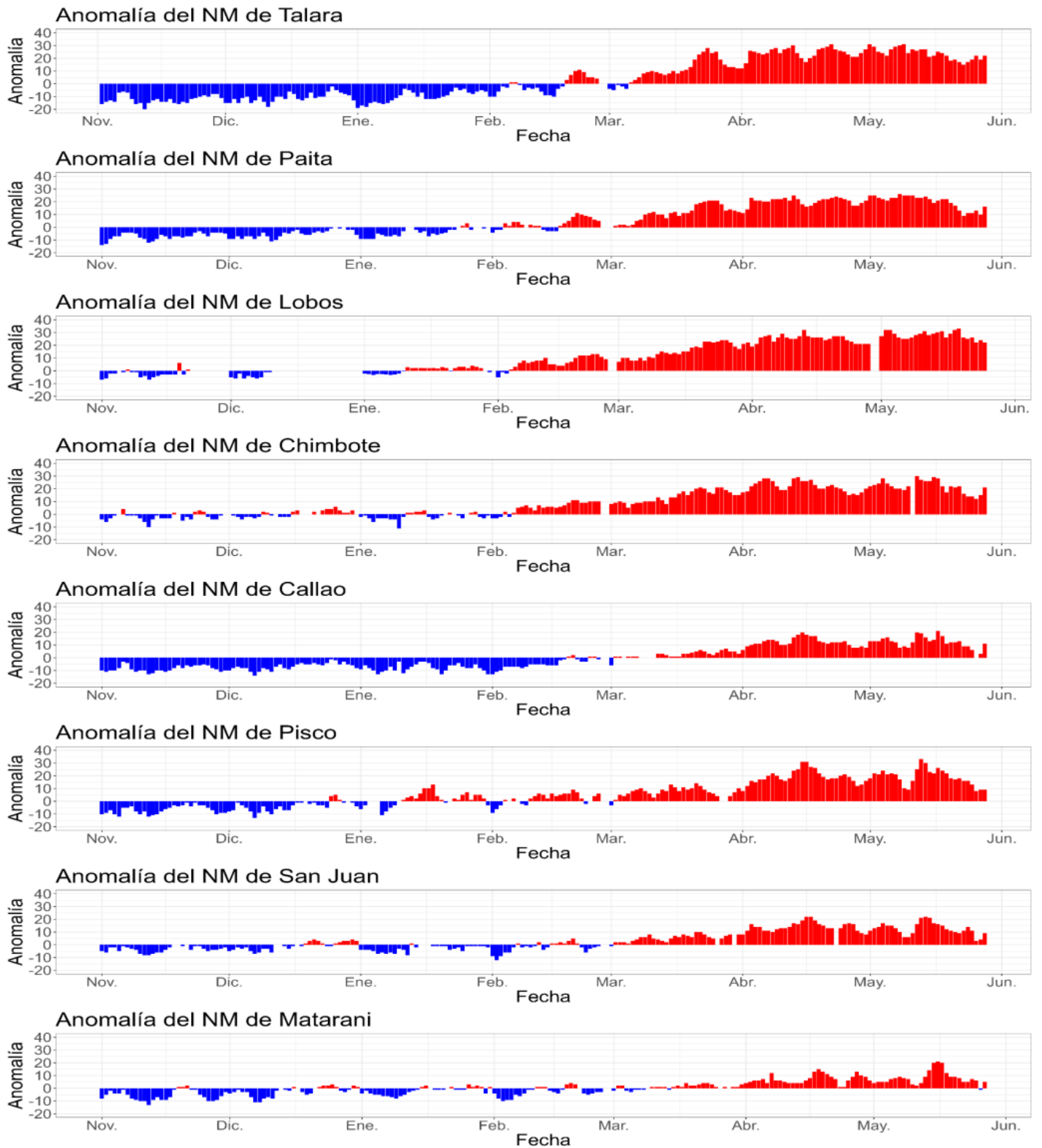


Figura 16. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de noviembre 2022 a mayo 2023. Fuente y procesamiento: DHN.

Respecto a la temperatura subsuperficial, a fines de mayo, entre Paíta y Chimbote, dentro de las 100 mn, se observó el predominio de anomalías positivas sobre los 200 m de profundidad, con anomalías de +4 °C, en promedio, sobre los 80 m de profundidad (Figura 17), superando a las registradas a fines de abril. En general, a mediados de mayo, frente a la zona norte y central, se observó la máxima expansión vertical de las anomalías positivas ($> +1$ °C) en la columna de agua (Figura 17, Figura 18). La termoclina y oxiclina a fines de mayo, frente a Paíta y Chicama, continuaron exhibiendo una profundización mayor a su climatología, aunque menor a lo observado a fines de abril, en promedio, salvo por la termoclina frente a Paíta. Esta última alcanzó una profundidad mayor en 80 m respecto a su climatología, similar que a fines de abril (Figura 19).

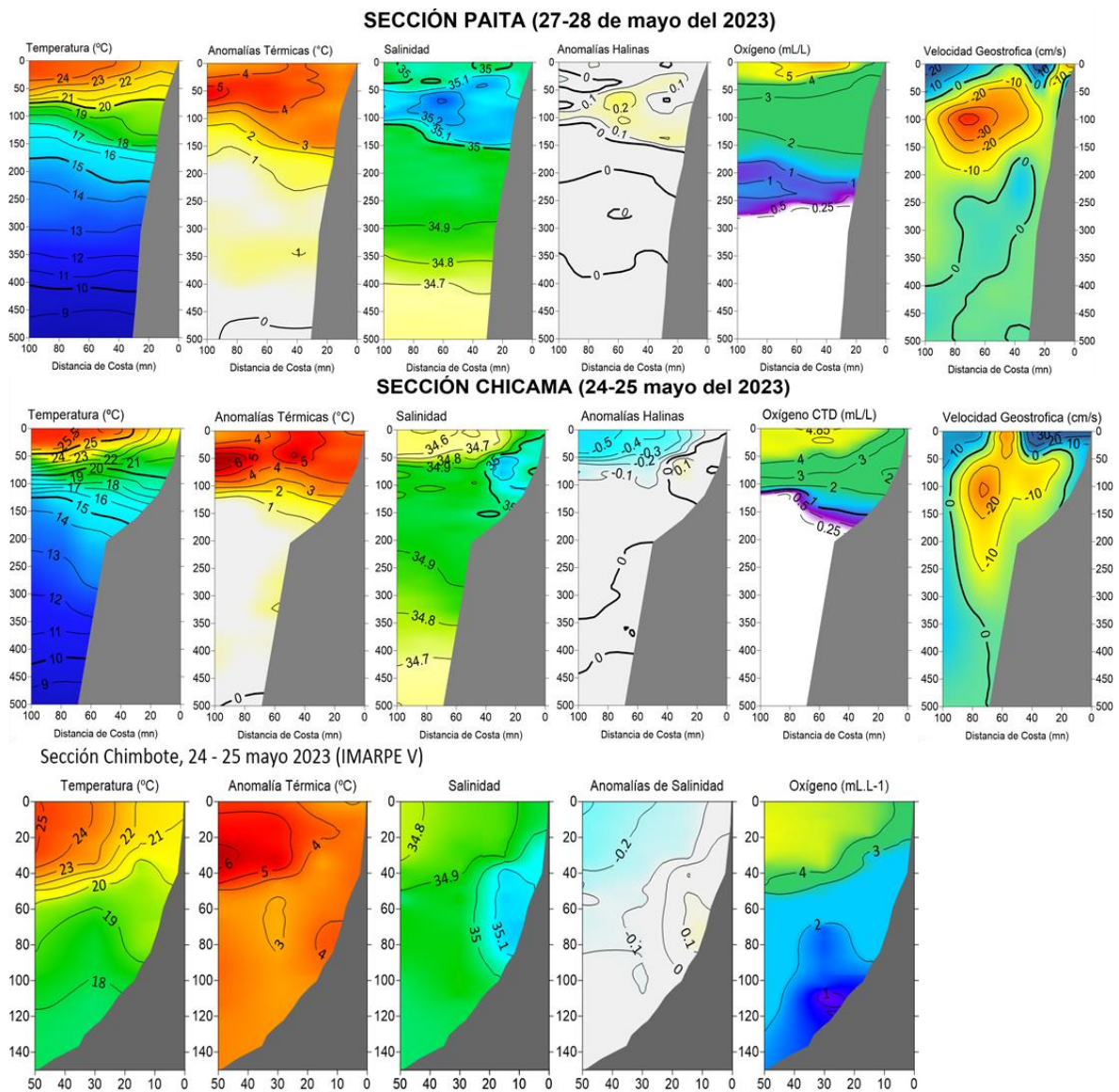


Figura 17. a) Secciones de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas y oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) de izquierda a derecha frente a a) Paíta (28-29 abril), y b) Chicama (25-26 abril).

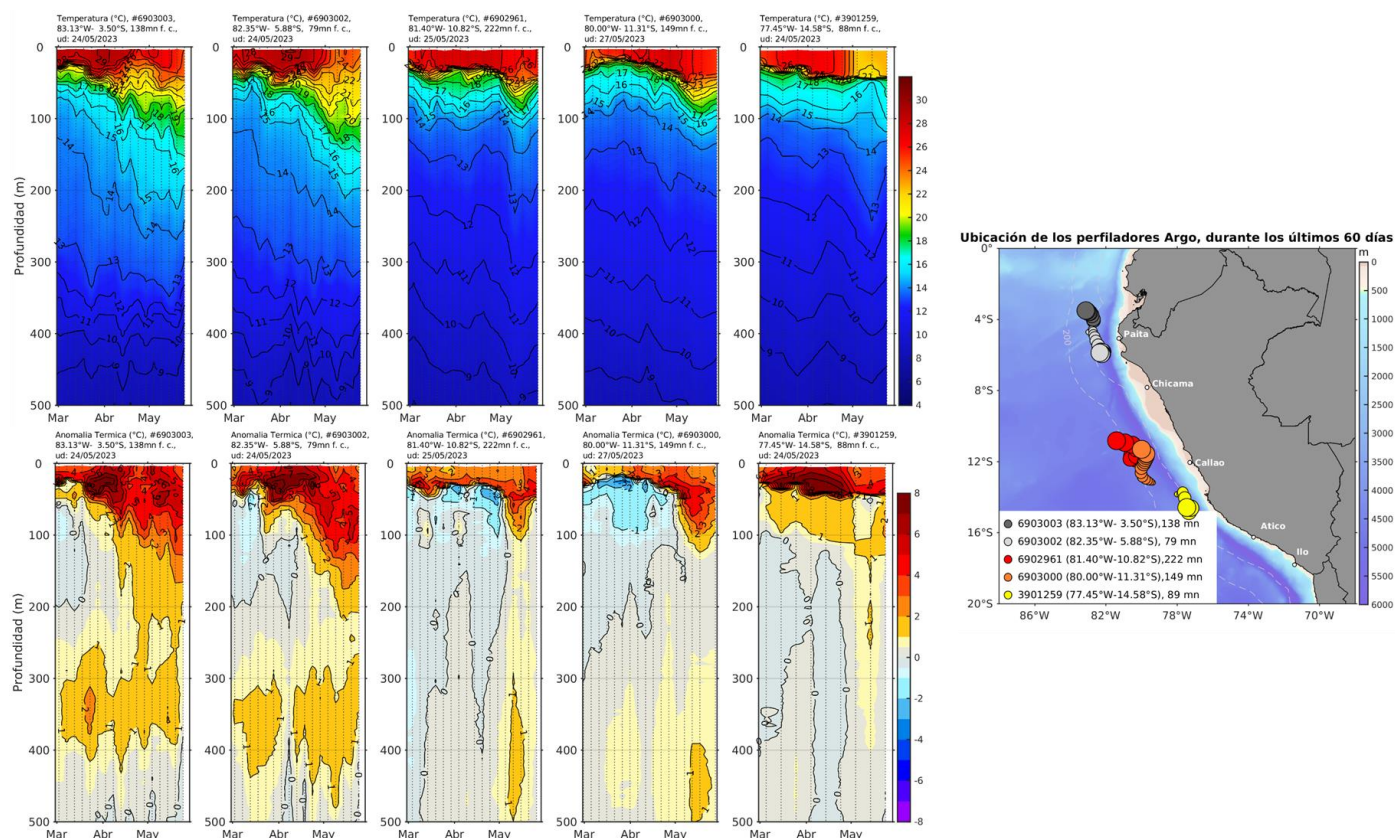


Figura 18. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 150 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de mayo 2023 donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010.
Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

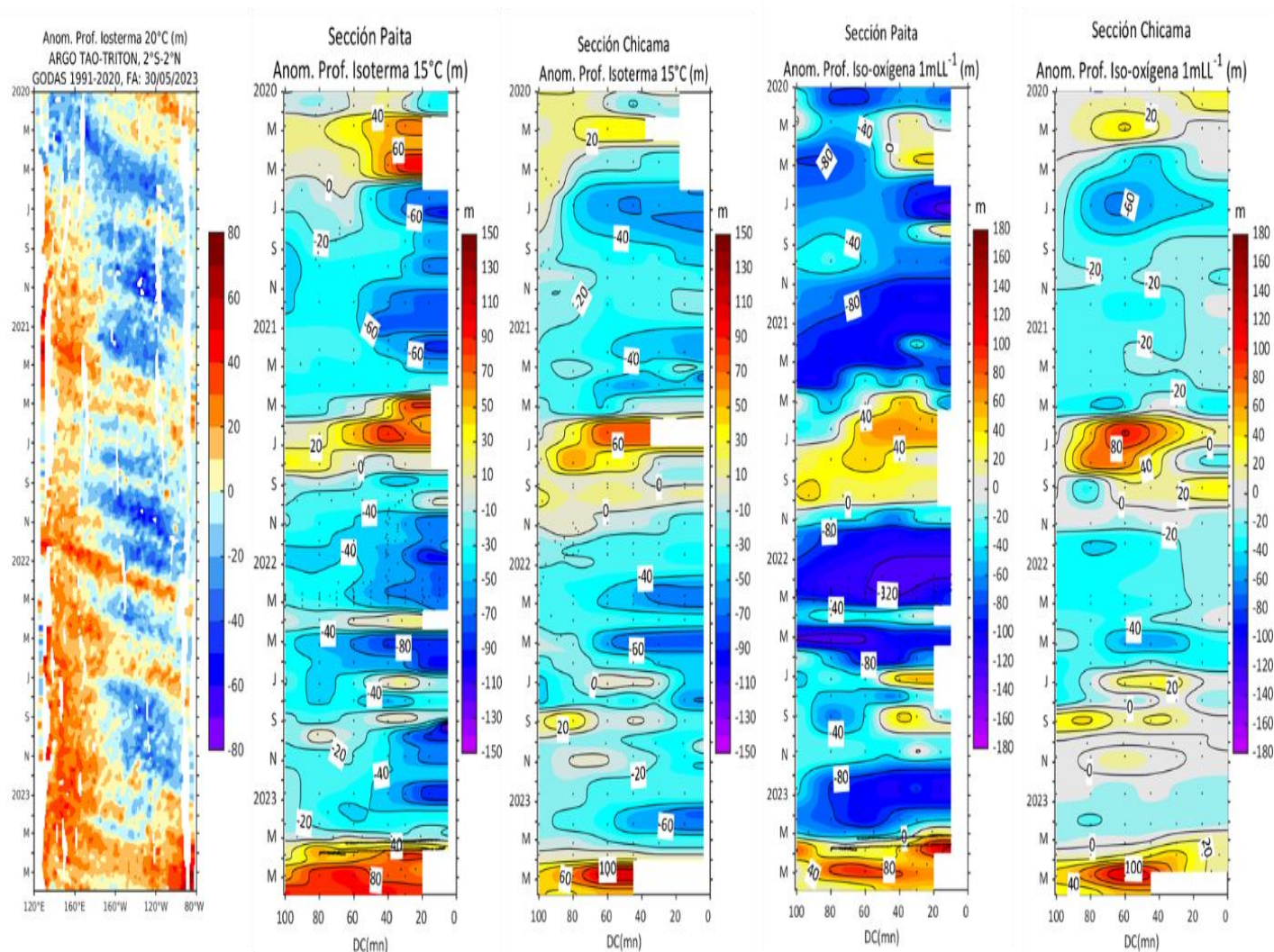


Figura 19. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. En mayo 2023, la isoterma de 15 °C y la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹ no fueron observadas sobre la plataforma continental

Considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, las anomalías térmicas mayores a +2 °C alcanzaron los 160 m de profundidad, lo cual es superior a lo observado durante El Niño Costero 2017, y es similar a lo registrado en mayo 2015, a inicios de El Niño 2015-2016 (Figura 20).

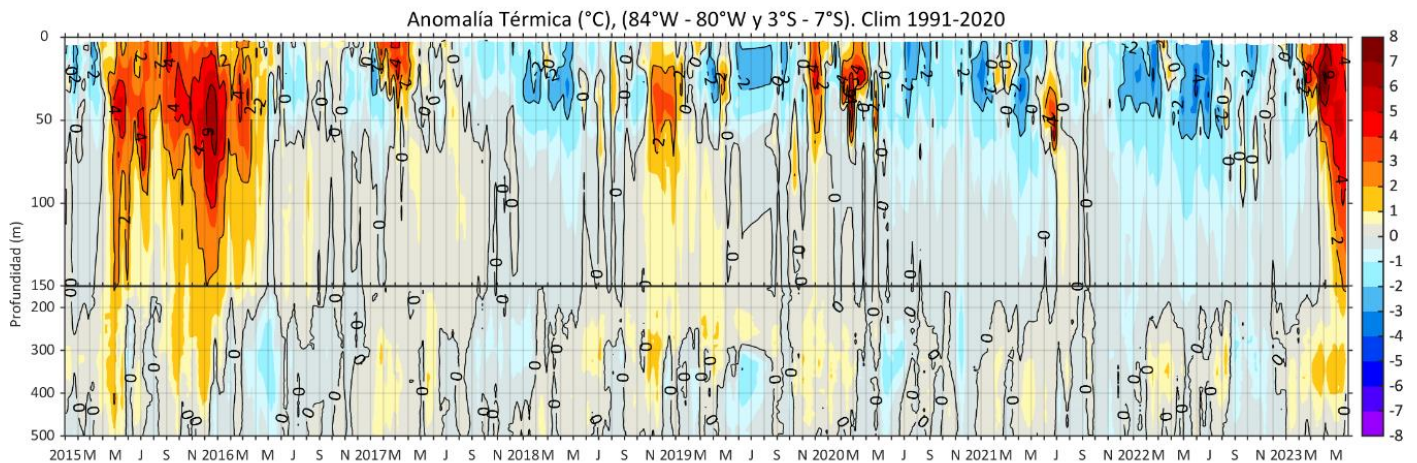


Figura 20. Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte, climatología 1991-2020.

En la capa sub-superficial las mayores anomalías térmicas se presentaron frente a la costa norte y centro durante lo que va de mayo, observándose una extensión vertical de las anomalías positivas desde inicios de marzo y mediados de abril, respectivamente, registrándose anomalías de hasta $+5^{\circ}\text{C}$ sobre los 100m. En general, las anomalías de temperatura continúan profundizándose frente a toda la costa, sin embargo, para la tercera y cuarta semana de mayo se observa una disminución sobre los 50m y anomalías superiores por debajo, principalmente frente a la costa norte (**Figura 21**).

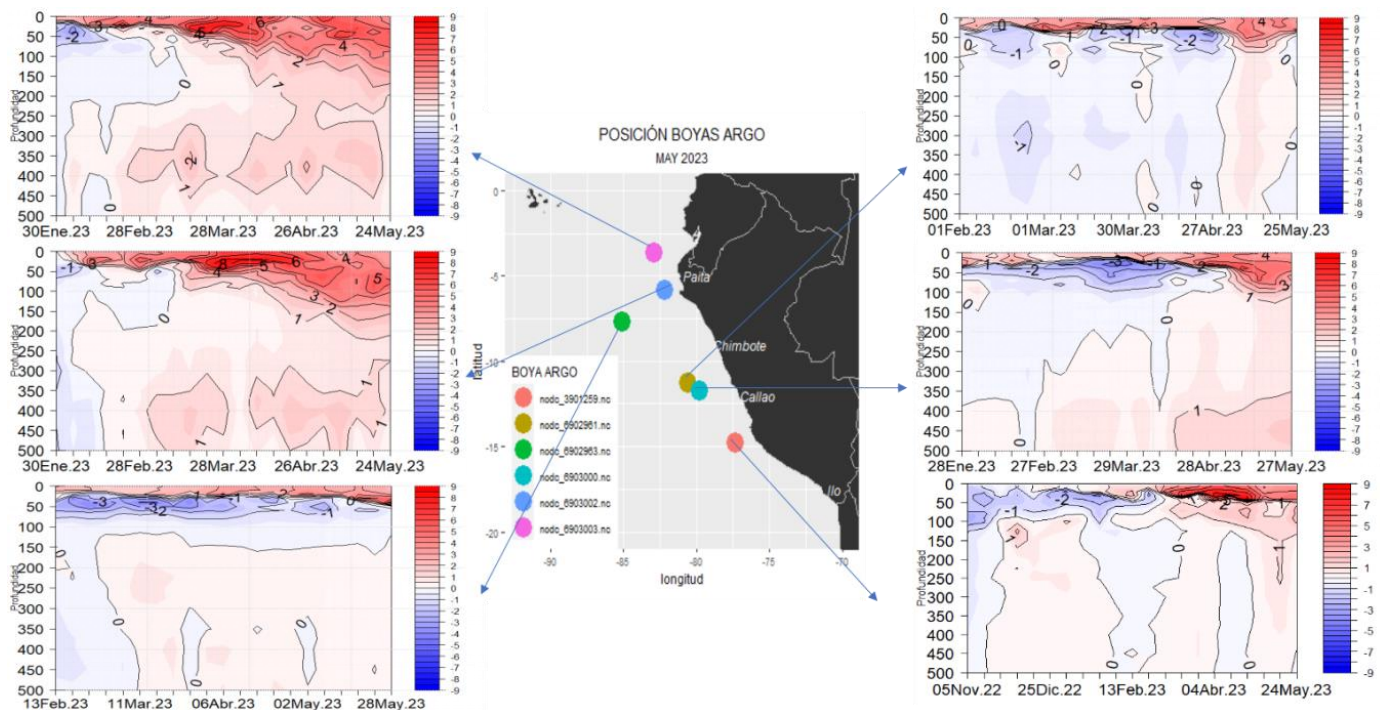


Figura 21. Secciones de anomalías de temperatura del mar de enero 2023 a mayo 2023 hasta los 500 m de profundidad. Fuente: ARGO. Procesamiento: DIHIDRONAV.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró el repliegue de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hacia el norte, alcanzando a fines de mayo la zona de Puerto Pizarro. Entre Caleta Cruz y Punta Falsa se observó la aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), generando un predominio de aguas de mezcla ($S > 35,0$) con las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), hacia fines de mayo (Figura 22 y Figura 23). Al sur de Punta Falsa observó la presencia remanente de núcleos de AES frente a la costa central, manteniéndose principalmente entre Chicama y Chimbote. Por otro lado, el acercamiento de las ASS hacia la costa ocurrió entre Supe e Ilo, presentando su mayor acercamiento (< 10 mn) entre Huacho a Pisco (Figura 22, Figura 24, Figura 25).

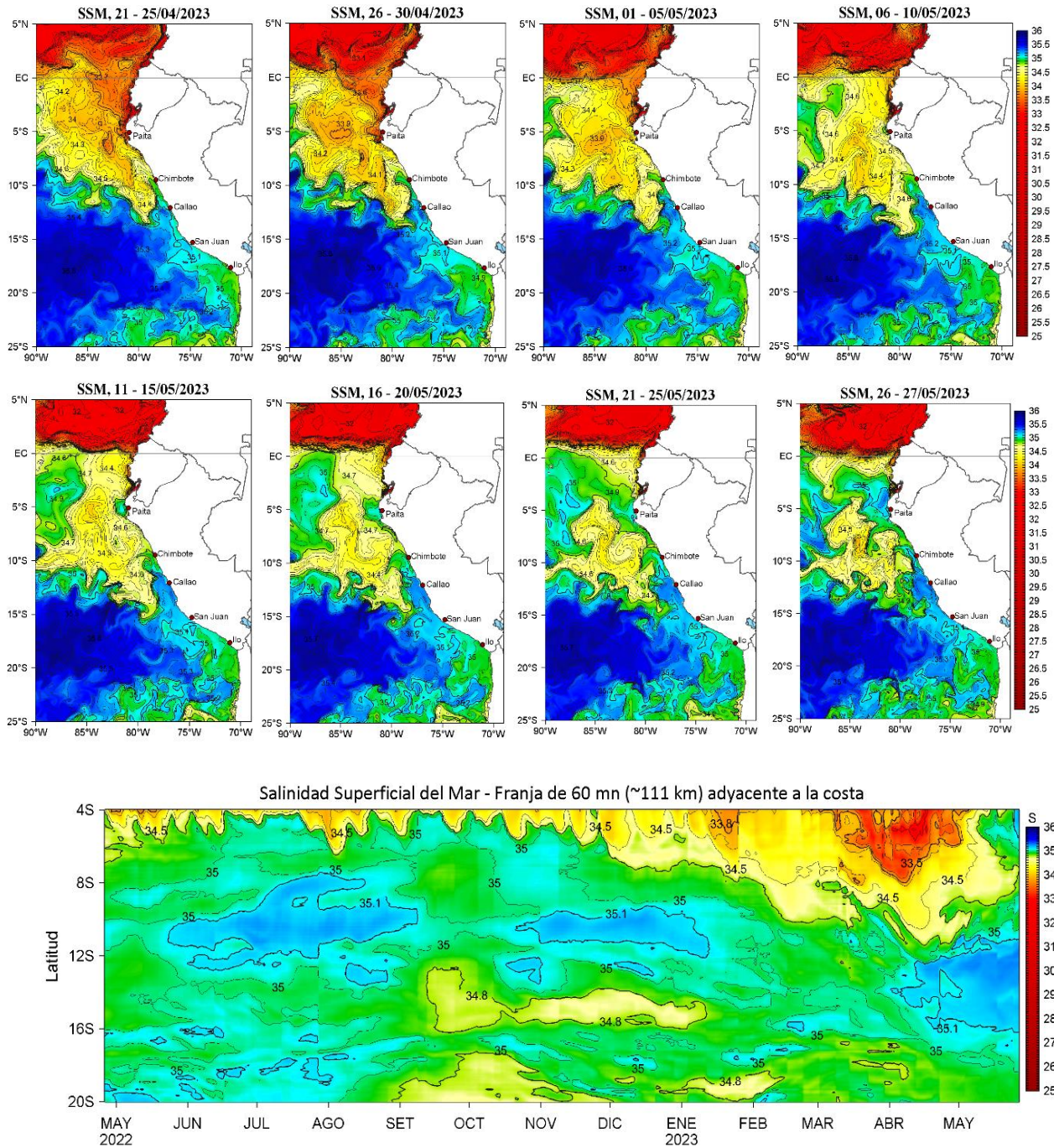


Figura 22. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de abril y mayo 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 7 de mayo de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 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: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

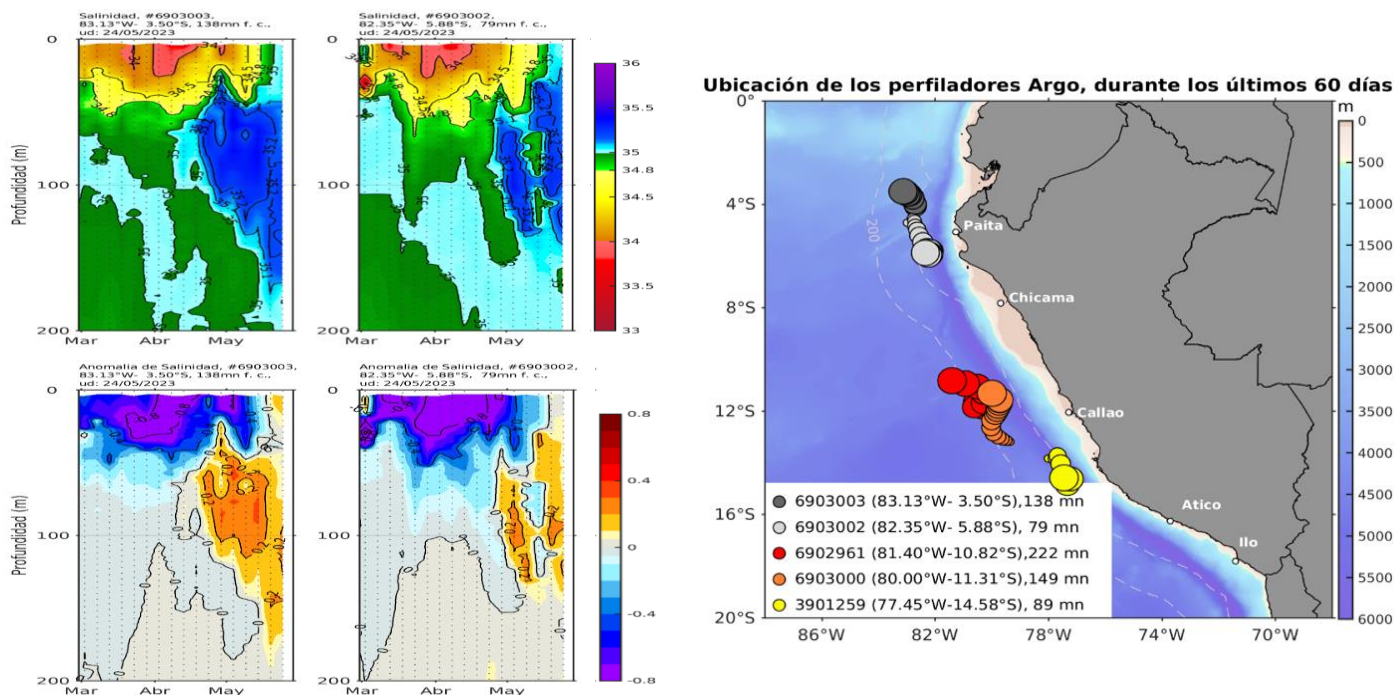


Figura 23. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGOS en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023, donde brindó información el flotador ARGOS, fuente: ARGOS. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

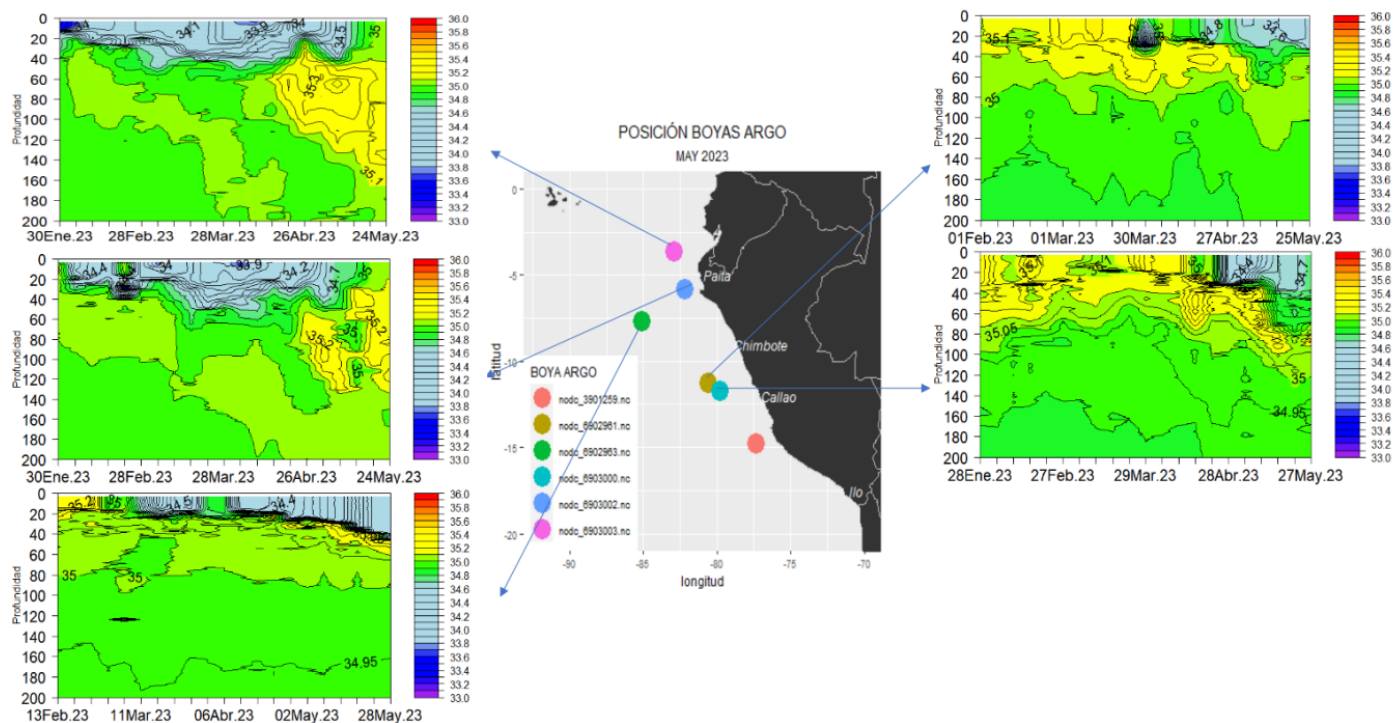


Figura 24. Secciones de la salinidad del mar frente a la costa de Perú de enero 2023 a mayo 2023. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV

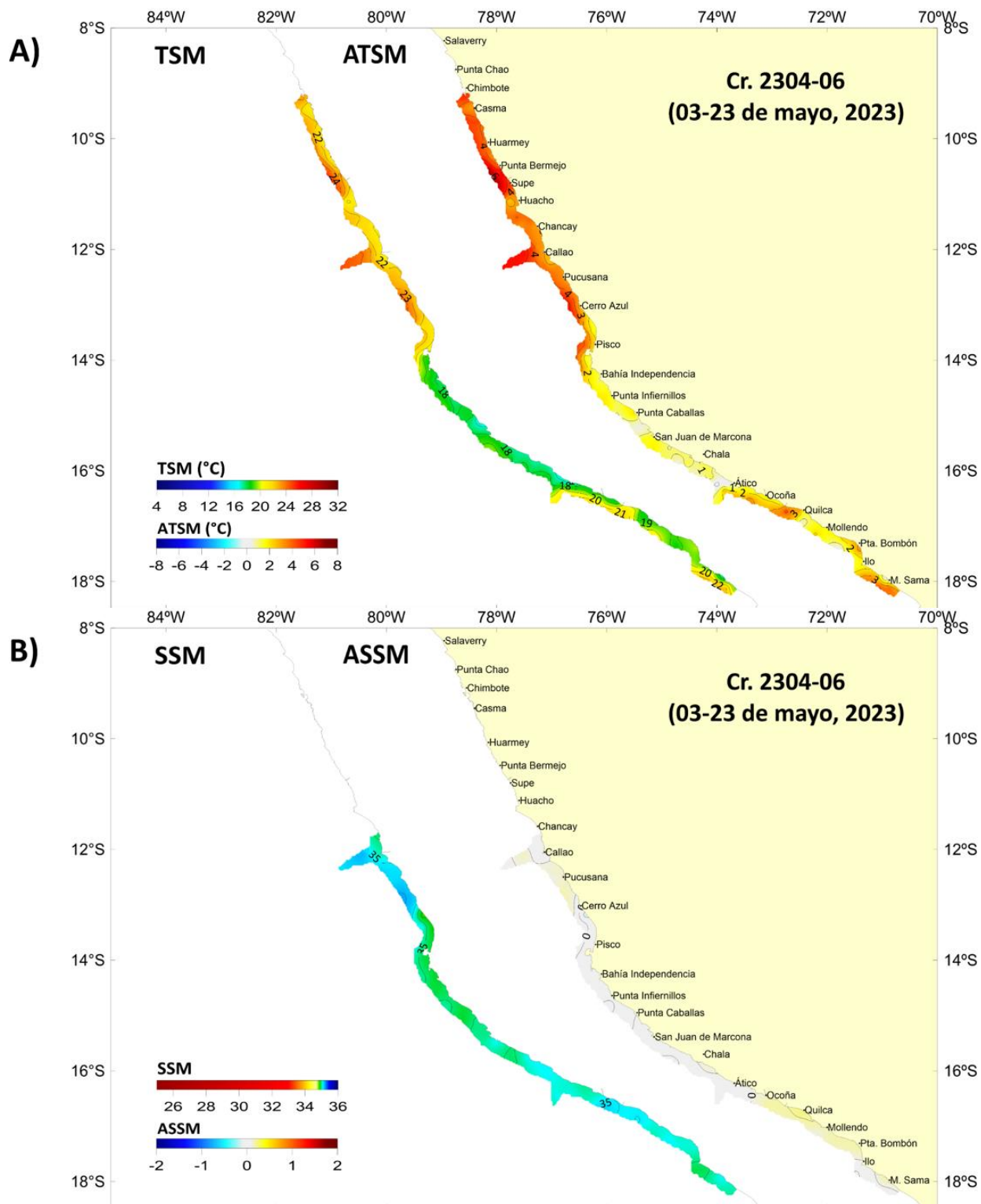


Figura 25. Distribución de la salinidad superficial y su anomalía (arriba) y de la TSM con su anomalía (abajo) en la franja adyacente a la costa, registradas en el Crucero de evaluación hidroacústica de Recursos Pelágicos (Cr. 2305-06).

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), en la última semana de mayo, en la sección Paita y en la sección Chicama se registró el afloramiento de la iso-oxígena de 4,0 mL L⁻¹ en la zona costera, lo cual es consistente con la condición profundizada de la oxiclina (**Figura 19**). El límite superior de la zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, OD < 0,5 mL L⁻¹) fue registrado por debajo de los 250 m de profundidad y entre 130 a 180 m de profundidad, frente a Paita y a Chicama, respectivamente (Figura 17).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, en promedio, presentó concentraciones alrededor de 1 µg L⁻¹ dentro de las 10 mn a lo largo de la costa peruana; descendiendo hasta valores de 0,5 µg L⁻¹ en las 60 mn de distancia de la costa. Estos valores estuvieron asociados a anomalías de -1 µg L⁻¹ a -5 µg L⁻¹ dentro de las 60 mn, con las mayores magnitudes entre Callao y Pisco dentro de las 40 mn (**Figura 25**). Por otra parte, de acuerdo a datos *in situ*, en los últimos días de mayo, en Chicama se determinaron concentraciones de clorofila-a de 1 µg L⁻¹, mientras que frente a Paita se registró un núcleo aislado de 5 µg L⁻¹ a las 30 mn (Figura 26). La baja producción fitoplanctónica en mayo estaría asociada al paso de la onda Kelvin cálida (Figura 27, Figura 28).

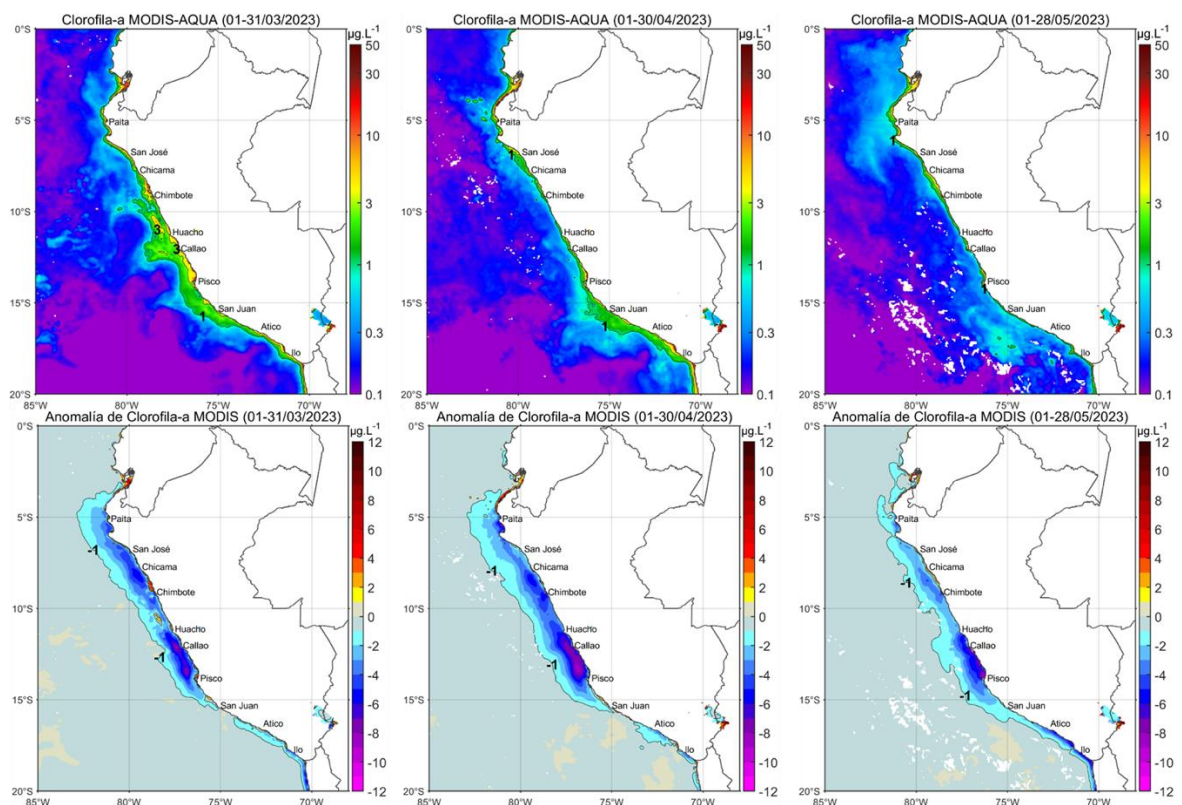
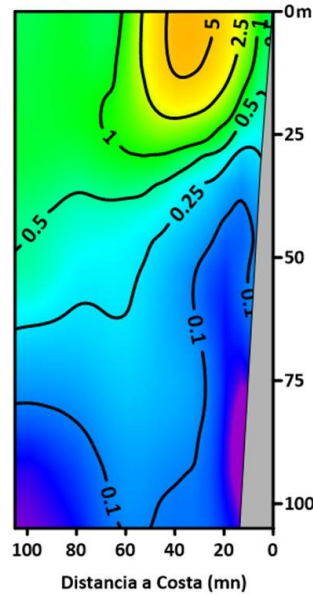


Figura 26. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital (µg L⁻¹, panel superior) y su anomalía (µg L⁻¹, panel inferior), durante marzo, abril y mayo de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

Distribución Vertical de Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Paita (26-28 Mayo 2023)



Chicama (24-25 Mayo 2023)

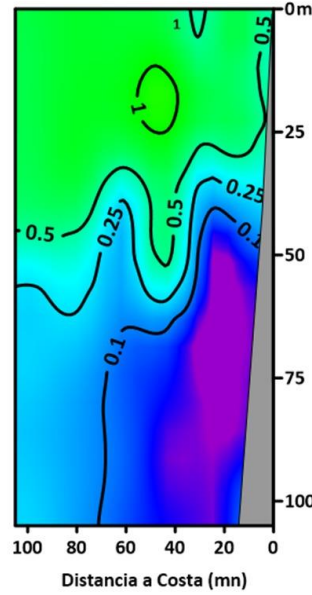


Figura 27. Distribución vertical de la concentración de clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) en las secciones de Paita (izquierda) y Chicama (derecha) a fines del mes de mayo. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

Clorofila-a superficial 28/05/2023

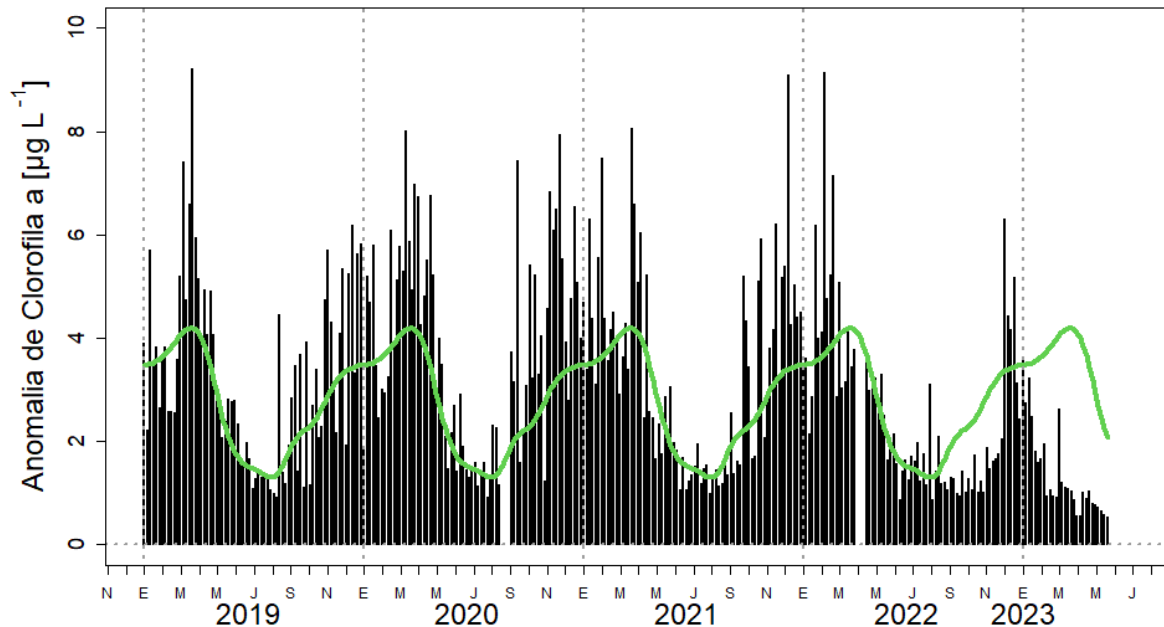


Figura 28. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

En la región sur, la flota dirigida a la pesca de la anchoveta se distribuyó de Ocoña a Ilo dentro de las 20 mn, asociada a aguas costeras frías (ACF) y TSM en el rango neutro. La anchoveta peruana del stock norte-centro evidenció baja actividad reproductiva, acorde a lo esperado para la época (Figura 29 y Figura 30).

Los recursos transzonales, jurel, caballa y bonito, presentaron una mayor disponibilidad en mayo con respecto a los meses anteriores, al presentar una mayor concentración dentro de las 20 mn de la costa debido al acercamiento de las ASS y la permanencia de núcleos de AES frente a la costa norte-centro (Figura 31).

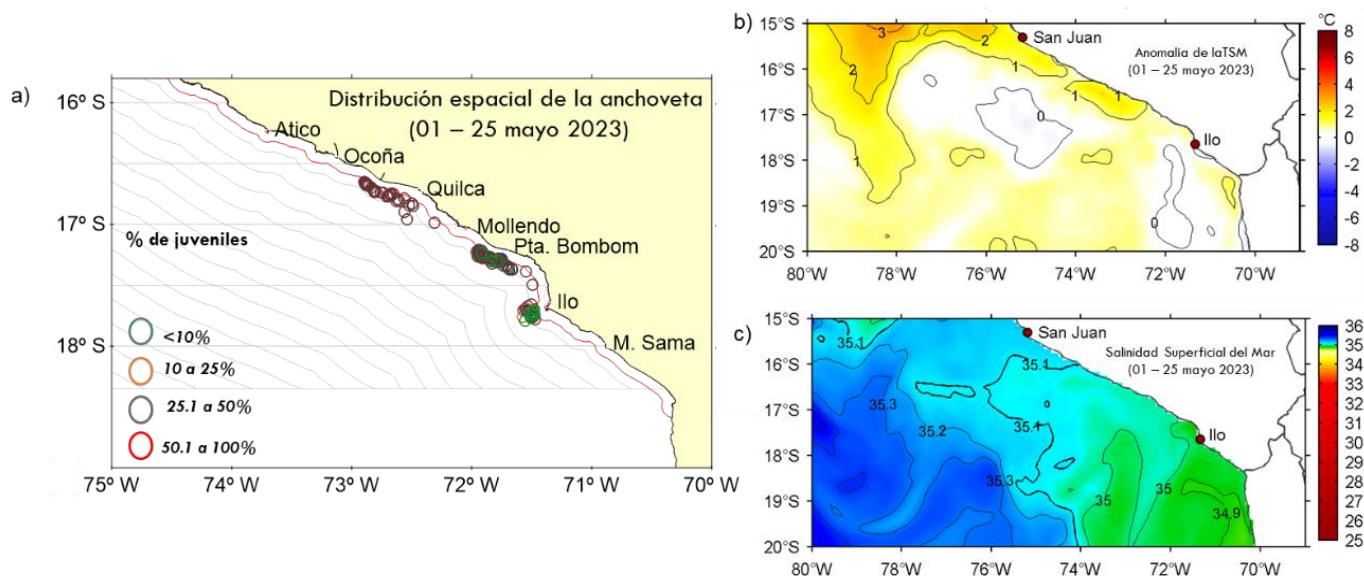


Figura 29. Distribución de a) la flota industrial de cerco de anchoveta en la región sur en mayo 2023 con relación a las condiciones b) térmicas y c) salinas.

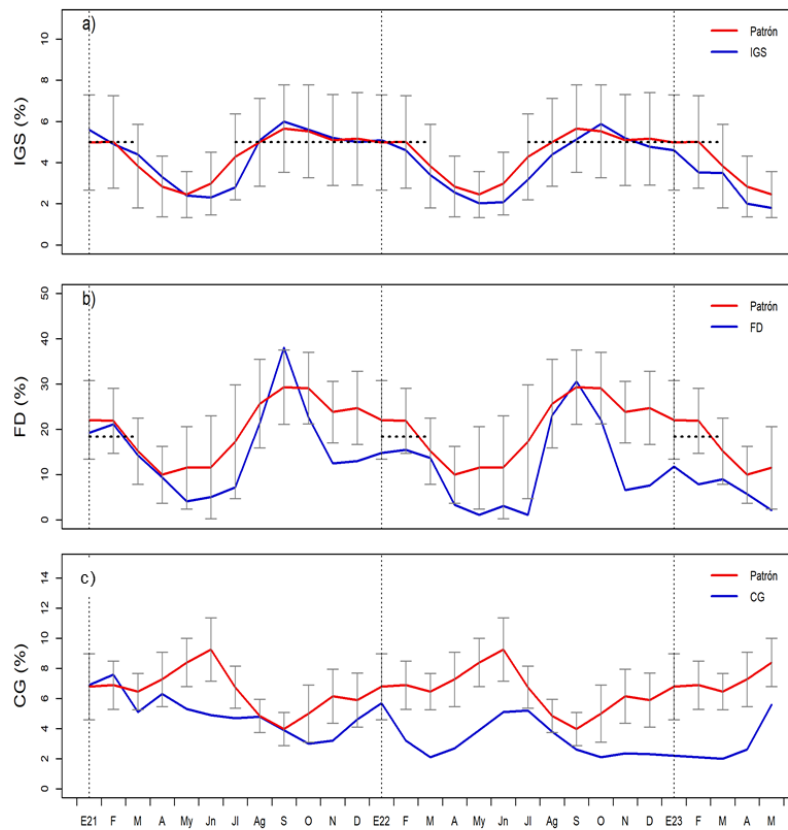


Figura 30. a) y b) Indicadores reproductivos y c) condición somática de anchoveta peruana de enero del 2021 a mayo del 2023.

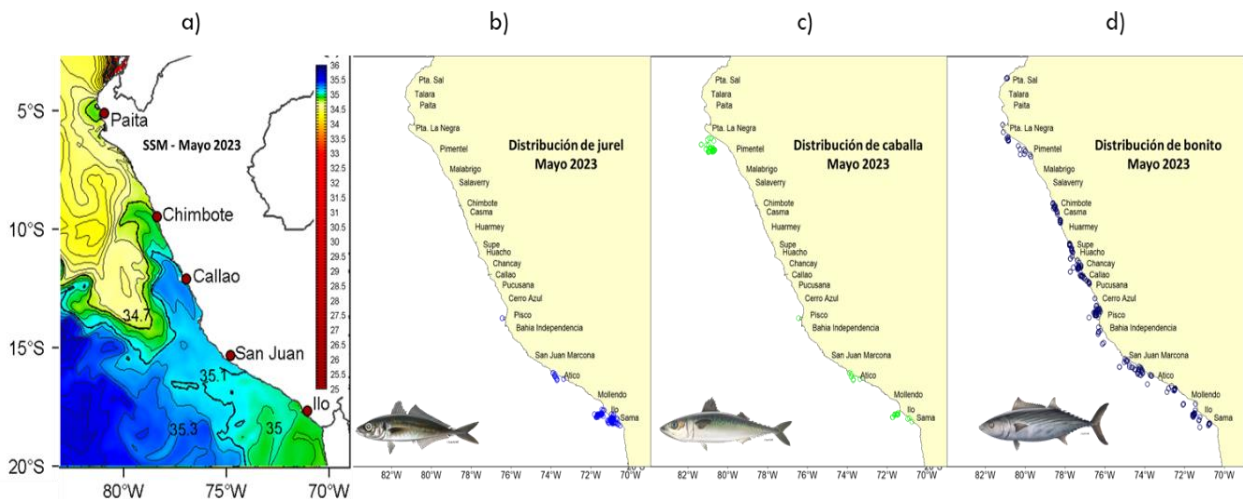


Figura 31. a) Salinidad superficial del mar (SSM) en relación a la distribución de b) jurel, c) caballa y d) bonito.

Recursos demersales y litorales

Durante la primera quincena de mayo, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló en el área comprendida desde el extremo norte del litoral peruano hasta el sur de Paita. Durante ese periodo, la población de merluza presentó dos núcleos de concentración frente a Punta Sal y Paita, en donde se estimaron los mayores valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (Figura 32).

En escala temporal, para la primera quincena del mes de mayo, la CPUE mensual del recurso presentó tenores más altos que en el mes de abril, entre los 4° y 6°S (Figura 32 y Figura 33). Sin embargo, estos valores siguen considerándose bajos para esta pesquería, lo cual sería consistente con una profundización y dispersión del recurso, alejándose así del alcance de la pesquería industrial.

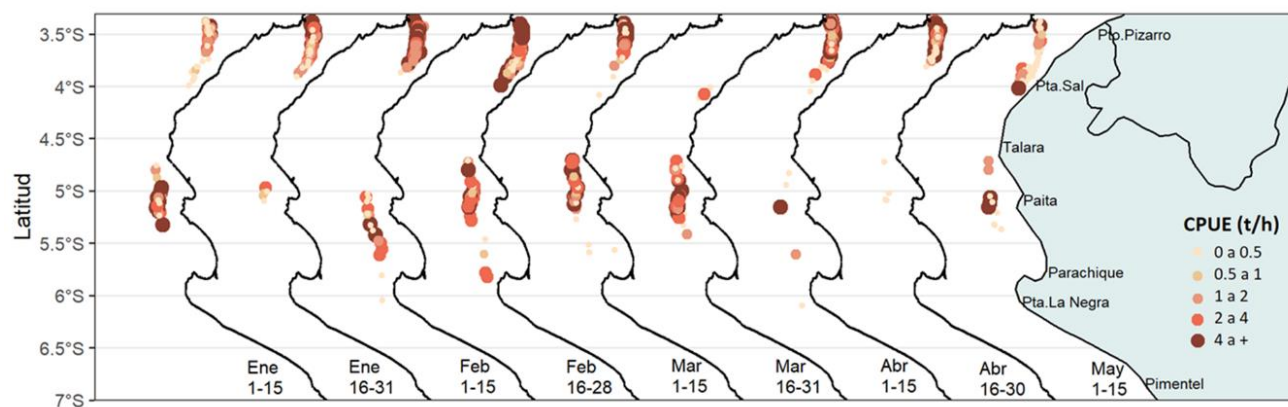


Figura 32. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero y la primera quincena de mayo (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

Dada la típica distribución estratificada del recurso merluza, en donde durante condiciones normales los individuos de mayor tamaño se encuentran al norte del litoral peruano, y los de menor tamaño se encuentran más hacia el sur; se puede inferir que un desplazamiento de esta población hacia el sur se podría reflejar en las estructuras por talla y en cada subárea. En ese sentido, podemos observar que en el área comprendida desde el extremo norte a 4°S (subárea “A”), se ha observado una disminución en cuanto a los individuos de menor tamaño, y que a su vez se ha observado un ligero incremento de los individuos de mayor tamaño en entre los 4° - 5°S (sub-área “B”) y los 5° - 6°S (sub-área “C”) (Figura 33). Estos cambios en la distribución podrían estar indicando un leve desplazamiento de la población hacia el sur, como se tiene documentado ha ocurrido durante otros eventos el Niño.

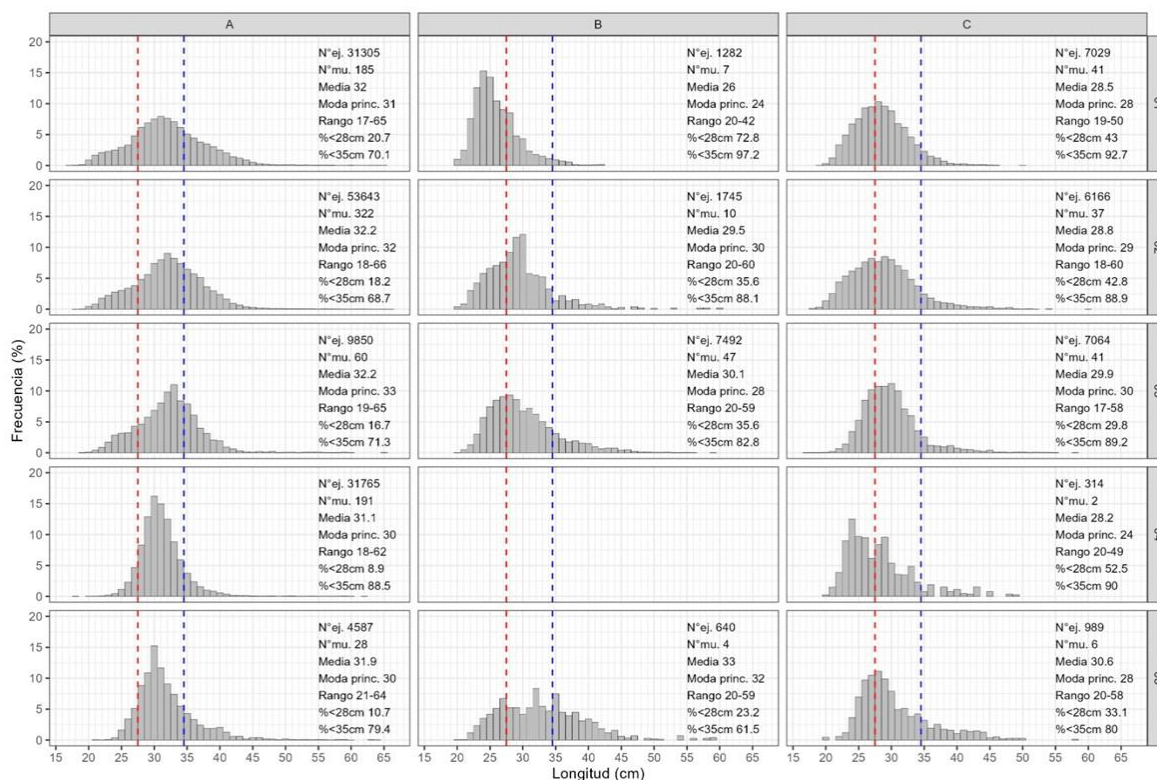


Figura 33. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero y la primera quincena de mayo 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

El pulpo y la concha de abanico mostraron disminución de sus desembarques, a diferencia del recurso del calamar común que continúa sin registros desde el mes de abril (Figura 34a, b, c, d). El calamar gigante estuvo distribuido entre Punta La Negra y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte y centro (Figura 35), se espera que el recurso en el mes de junio se incremente o mantenga los valores de desembarque.

En la pesca artesanal de las regiones de Lima, Callao y Arequipa se observaron especies de aguas cálidas, propias de la zona norte (Figura 36).

En la última quincena de mayo se observó un gran número de registros de aves marinas en estado caquéctico y tortugas varadas lo largo de la costa peruana, comportamiento inusual según el rango de distribución y comportamiento normal de cada especie. La cual podría estar relacionada a la escasez de alimento principalmente de “anchoveta”. Sin embargo, no se puede descartar que estos varamientos podrían, también, ser causa de la gripe aviar H5N1, que aún sigue afectando a las poblaciones de aves en el Perú (Figura 37).

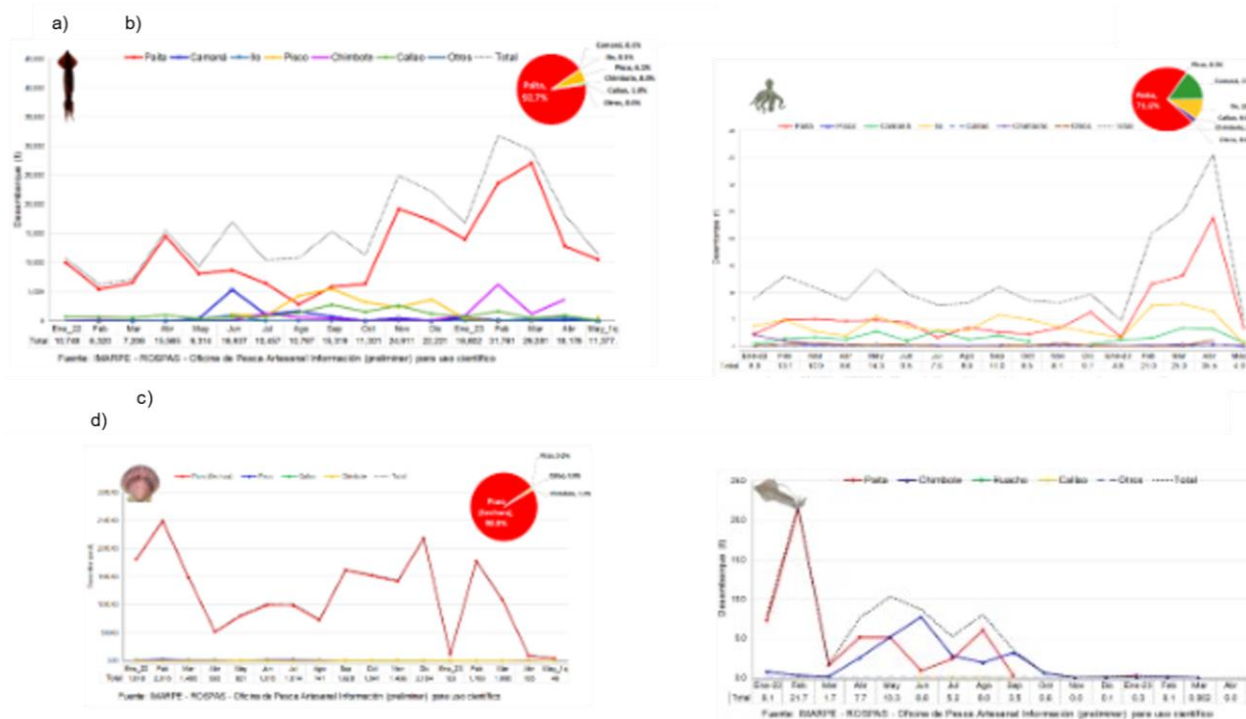


Figura 34. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (c) pulpo *Octopus mimus* (d), durante 2022-2023.

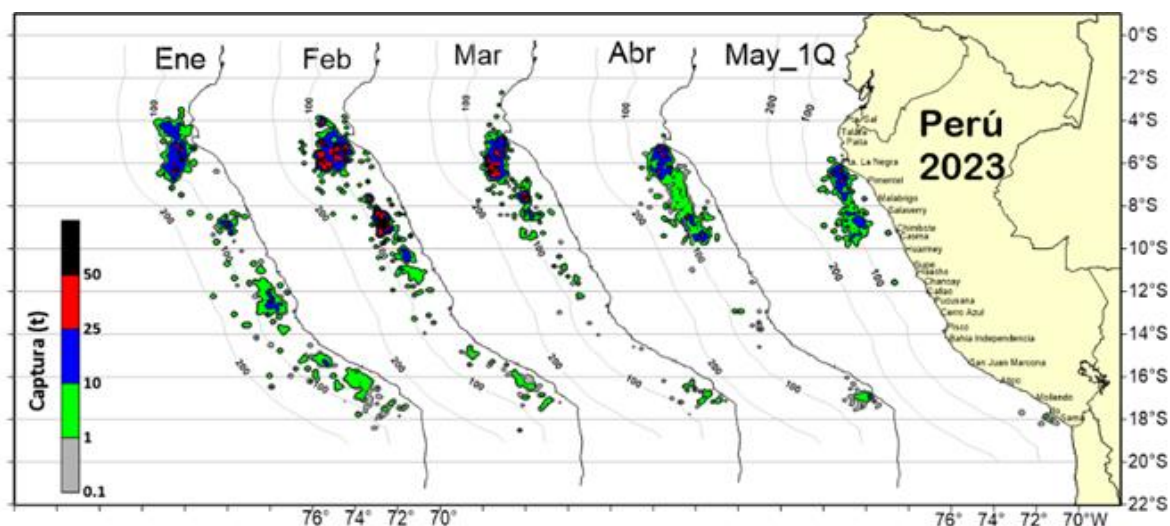


Figura 35. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, 1era quincena mayo 2023

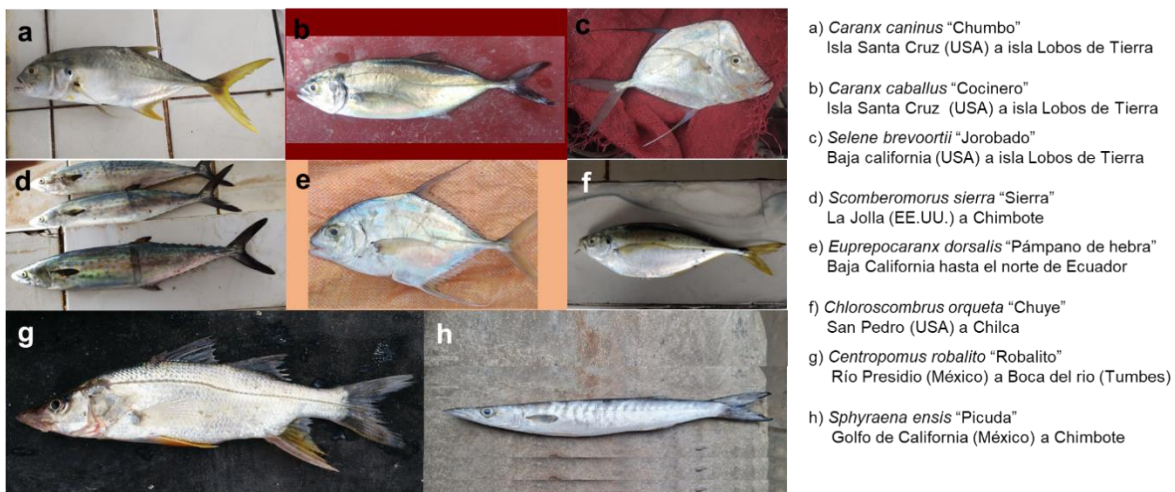


Figura 36. Especies de aguas cálidas registradas en la pesca artesanal de Lima, Callao y Arequipa en el mes de mayo.

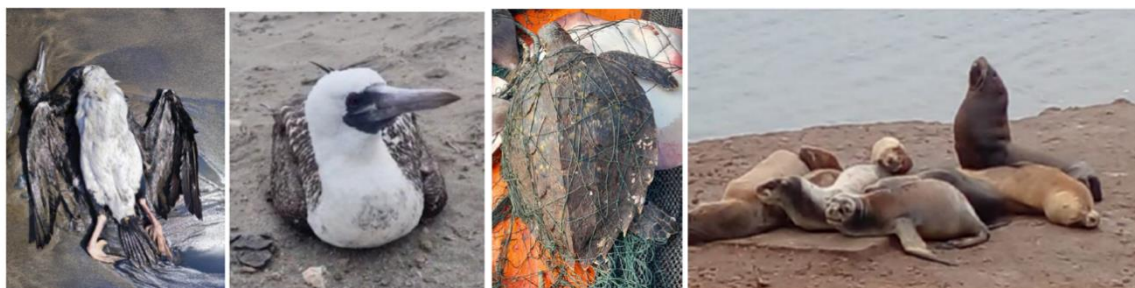


Figura 37. Aves, mamíferos y tortugas varados en el mes de mayo.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el periodo del mes mayo del 2023, los ríos de la costa norte continúan presentando caudales sobre lo normal de forma muy considerables, con tendencia a la normalización, especialmente en los ríos de La Leche y Chancay Lambayeque. En los ríos del Pacífico centro predominan caudales con anomalías ligeramente por debajo de lo normal, pero los ríos Mala y Pisco se mantienen ligeramente sobre lo normal, en los ríos del pacifico sur las anomalías de caudales, con mayor predominancia los valores normales en la gran mayoría de los ríos, mientras que en el Titicaca se mantienen por muy debajo de lo normal (Tabla 3).

Tabla 3. Caudales de los principales ríos al 29 de mayo del 2023

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)						Promedio (m3/s)	Anomalia (%)
		May-23							
Pacífico Norte	Tumbes	484.2	307.2	253.0	193.5	384.0	263.1	314.2	314.2
	Chira	609.8	306.8	198.3	147.5	293.9	211.9	294.7	191.4
	Piura	340.7	163.3	116.9	86.1	122.3	125.6	159.1	888.9
	Motupe	3.1	2.4	2.4	2.6	2.4	2.4	2.6	69.2
	La Leche	11.9	8.1	7.0	5.8	4.9	5.0	7.1	20.7
	Chancay Lambayeque	62.0	44.4	38.0	33.0	39.2	59.2	46.0	29.8
	Zaña	34.2	21.0	15.5	14.9	14.5	14.1	19.0	111.9
	Jequetepeque	62.2	46.9	43.7	29.4	28.0	28.2	39.7	60.1
	Chicama	210.5		56.9	77.8	73.7	112.1	106.2	109.6
	Santa	304.9	314.0	297.3	249.7	227.7	237.6	271.9	162.8
Pacífico Centro	Pativilca	33.7	33.7	28.5	29.6	26.1	25.8	29.6	-7.4
	Huaura	19.6	18.8	16.4	12.6	11.7	11.3	15.1	12.3
	Huaral	7.1	7.7	8.7	6.3	4.8	4.5	6.5	-34.5
	Chillon	3.5	3.6	3.3	2.4	1.6	1.2	2.6	-19.8
	Rímac	16.9	20.0	18.5	16.4	17.3	16.7	17.6	-20.4
	Mala	13.0	11.4	9.8	8.2	6.6	6.0	9.2	53.1
	Cañete	28.2	31.8	27.6	23.6	20.9	21.0	25.5	-19.3
	Pisco	14.5	13.7	10.8	8.5	8.7	7.7	10.7	41.9
Pacífico Sur	Ica	4.5	2.5	1.1	0.9	0.8	0.5	1.7	382.9
	Acarí	7.7	5.8	5.3	4.3	3.3	2.9	4.9	-51.4
	Yauca	4.5	4.5	4.3	4.0	3.9	3.6	4.1	-13.8
	Ocoña	49.2	46.5	46.3	61.2	64.4	52.6	53.4	-24.1
	Huatiapa	48.8	51.5	54.1	52.5			51.7	-12.7
	Chili	4.9	6.9	6.2	6.4	6.8	6.8	6.3	-14.6
	Locumba	2.4	2.4	2.5	2.2			2.4	-7.9
	Sama	1.3	1.2	1.2	1.4	1.4		1.3	30.3
	Caplina	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	-4.1
Titicaca	Huancane	3.7	4.3	5.0	4.2	3.9	3.7	4.1	-47.3
	Ramis	7.7	14.5	24.5	22.0	19.1	18.4	17.7	-59.7
	Coata	6.1	6.6	7.2	6.6	5.1	4.6	6.0	-61.2

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

Los principales embalses del país, al 29/05/2023 se encuentran al 80.42 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que las represas de San Lorenzo, Poechos, San Lorenzo, Tinajones y Gallito Ciego en el norte y Jarumas en el sur se encuentran al 100 % de su capacidad, mientras que los demás embalses del sur, en su conjunto, se encuentran dentro de sus valores mínimos históricos, mientras que en los embalses de la sierra sur y sierra centro encuentra por muy debajo de sus valores mínimos históricos (Tabla 4).

Tabla 4. Estado situacional de los reservorios al 29 de mayo del 2023

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm3)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	29-May	Piura	445.50	443.50	99.55
Costa - Norte	San Lorenzo	29-May	Piura	195.60	195.60	100.00
Costa - Norte	Tinajones	29-May	Lambayeque	331.55	331.60	100.00
Costa - Norte	Gallito Ciego	29-May	La Libertad	366.09	366.10	100.00
Costa - Centro	Viconga	29-May	Lima	30.00	21.90	73.00
Costa - Centro	Sistema Rímac	15-May	Lima, Junín	282.35	231.51	81.23
Costa - Centro	Choclococha	29-May	Ica	131.10	106.40	81.16
Costa - Sur	Ccaracocha	29-May	Ica	40.00	27.90	69.75
Costa - Sur	Condorama	29-May	Arequipa	259.00	232.60	89.81
Costa - Sur	El Pañe	29-May	Arequipa	99.61	82.50	82.82
Costa - Sur	Dique Los Españoles	29-May	Arequipa	9.09	2.70	29.70
Costa - Sur	Pillones	29-May	Arequipa	78.50	50.10	63.82
Costa - Sur	El Frayle	29-May	Arequipa	127.24	88.00	69.16
Costa - Sur	Aguada Blanca	29-May	Arequipa	30.43	13.50	44.36
Costa - Sur	Chalhuanca	29-May	Arequipa	25.00	22.00	88.00
Costa - Sur	Bamputañe	29-May	Arequipa	40.00	22.60	56.50
Costa - Sur	Pasto Grande	29-May	Moquegua	200.00	158.30	79.15
Costa - Sur	Paucarani	29-May	Tacna	10.50	4.00	38.10
Costa - Sur	Laguna Aricota	29-May	Tacna	280.00	196.30	70.11
Sierra - Centro	Jarumas	29-May	Tacna	13.00	13.03	100.00
Sierra - Centro	Cuchoquesera	29-May	Ayacucho	80.00	77.70	97.13
Sierra - Sur	Lago Junín	29-May	Junin	441.00	239.30	54.26
Sierra - Sur	Lagunillas	29-May	Puno	585.13	431.50	73.74
Sierra - Sur	Sibinacocha	29-May	Cusco	110.00	57.5	25.00
Situación Nacional				4210.69	3386.15	80.42

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos
Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas frutícolas de San Lorenzo, Medio y Alto Piura (Piura); Olmos, Tongorrape y Jayanca (Lambayeque) las temperaturas diurnas en torno a sus normales y las temperaturas nocturnas cálidas, continuaron promoviendo el brotamiento vegetativo de las plantaciones de mango. Con respecto al cultivo de arroz de la costa norte, en los sectores como San Lorenzo (Piura); valle La Leche y valle de Zaña (Lambayeque), dichas condiciones térmicas promovieron el avance de las fases de maduración. En la costa sur, las temperaturas máximas y mínimas superiores a su normal favorecieron la maduración de la aceituna negra; sin embargo, se observó una mayor presencia de *Orthezia olivícola*, afectando las plantaciones, debido a las condiciones cálidas (Figura 38).

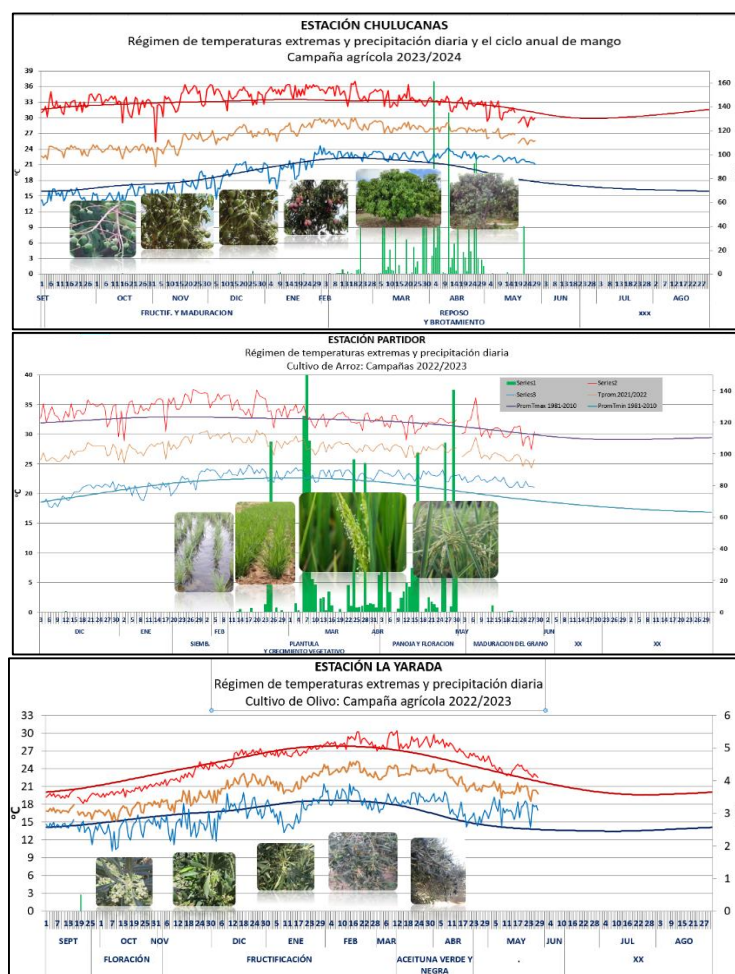


Figura 38. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023 en las estaciones de Chulucanas, El Partidor y La Yarada. Fuente: SENAMHI.

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME, con condiciones iniciales de mayo de 2023, indican en promedio, condiciones de cálidas débiles a cálidas moderadas de junio a agosto para el Pacífico central (Niño 3.4); entre los meses de setiembre a marzo de 2024 se esperarían condiciones cálidas fuertes, (Tabla 5). La reciente actualización del modelo CFSv2 (19-28 mayo) pronostica condiciones de cálidas débiles a cálidas fuertes entre los meses de junio a setiembre, entre los meses de octubre y enero de 2024, se esperaría condiciones de cálidas muy fuertes a cálida fuerte (Figura 39).

Tabla 5. 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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	0.96	1.40	1.70	1.96	2.19	2.31	2.18	1.89	-----	-----
CanCM4i	0.92	1.33	1.63	1.81	1.92	2.07	2.12	2.03	1.80	1.53
GEM5_NEMO	0.84	1.01	1.09	1.16	1.23	1.28	1.30	1.32	1.30	1.20
NASA	0.72	0.92	0.92	0.80	0.71	0.68	0.64	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	1.07	1.43	1.70	1.90	2.10	2.35	2.53	2.53	2.32	1.99
COLA	0.73	1.09	1.42	1.67	1.81	1.89	1.93	1.86	1.70	1.48
Promedio										
NMME	0.87	1.20	1.41	1.55	1.66	1.76	1.78	1.93	1.78	1.55

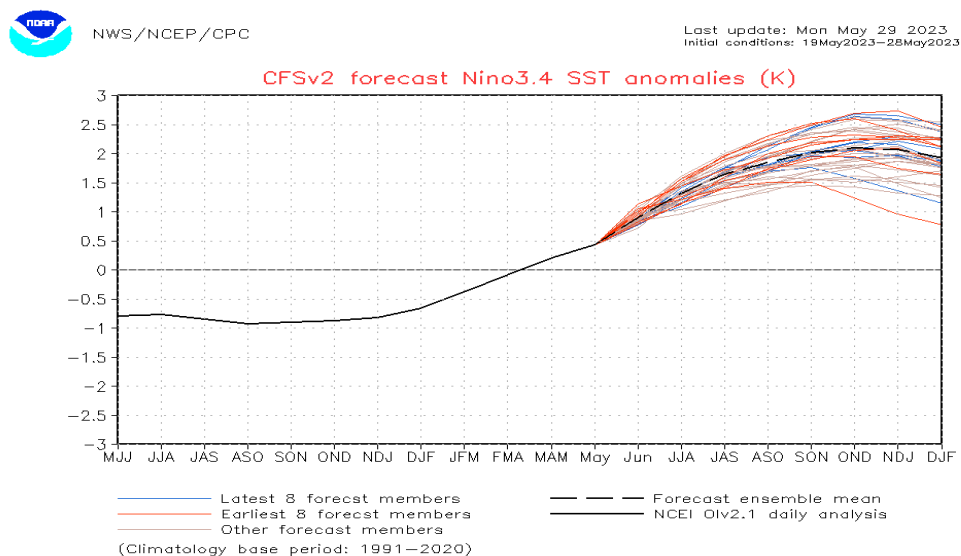


Figura 39. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSV2, para la región Niño 3.4

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME en promedio, condiciones cálidas fuertes para los meses del periodo de junio a octubre, y cálidas moderadas de noviembre a marzo

de 2023 (Tabla 6). La reciente actualización del modelo CFSv2 (19-28 mayo) indica condiciones cálidas fuertes hasta el mes de agosto; sin embargo, entre los meses de setiembre y enero de 2024, se esperaría condiciones cálidas moderadas (Figura 40).

Tabla 6. 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	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	2.35	2.23	2.09	1.84	1.68	1.67	1.77	1.84	-----	-----
CanCM4i	2.27	2.36	2.34	2.09	1.82	1.64	1.60	1.54	1.42	1.29
GEM5_NEMO	1.86	1.75	1.69	1.49	1.24	1.00	0.84	0.69	0.60	0.63
NASA	2.63	2.52	2.20	1.73	1.26	0.87	0.50	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	2.82	2.98	3.04	2.90	2.73	2.56	2.35	1.97	1.63	1.52
COLA	2.17	2.07	1.88	1.69	1.56	1.55	1.50	1.37	1.21	1.07
Promedio										
NMME	2.35	2.32	2.21	1.96	1.72	1.55	1.43	1.48	1.22	1.13

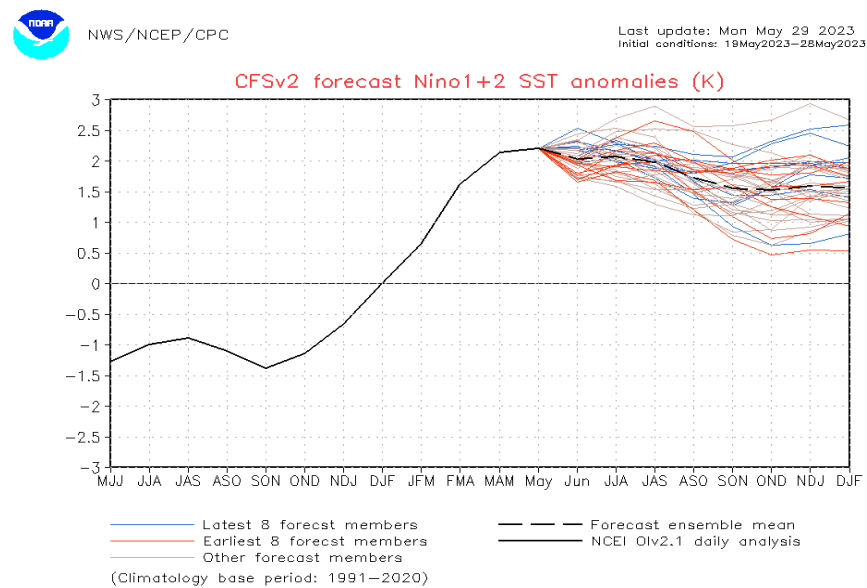


Figura 40. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSV2, para la región Niño 1+2

Analizando las proyecciones basadas en los datos observados y los resultados de los modelos de ondas forzados con anomalías iguales a cero para el pronóstico, se espera aún el arribo del núcleo del paquere de ondas de Kelvin cálidas durante junio. Luego arribaría una onda de Kelvin fría, aparentemente débil, a inicios de julio. Finalmente, se espera que otro paquere de ondas cálidas, formada por el pulso de viento del oeste de fines de mayo, arribe durante julio e inicios de agosto. (Figura 41, Figura 42).

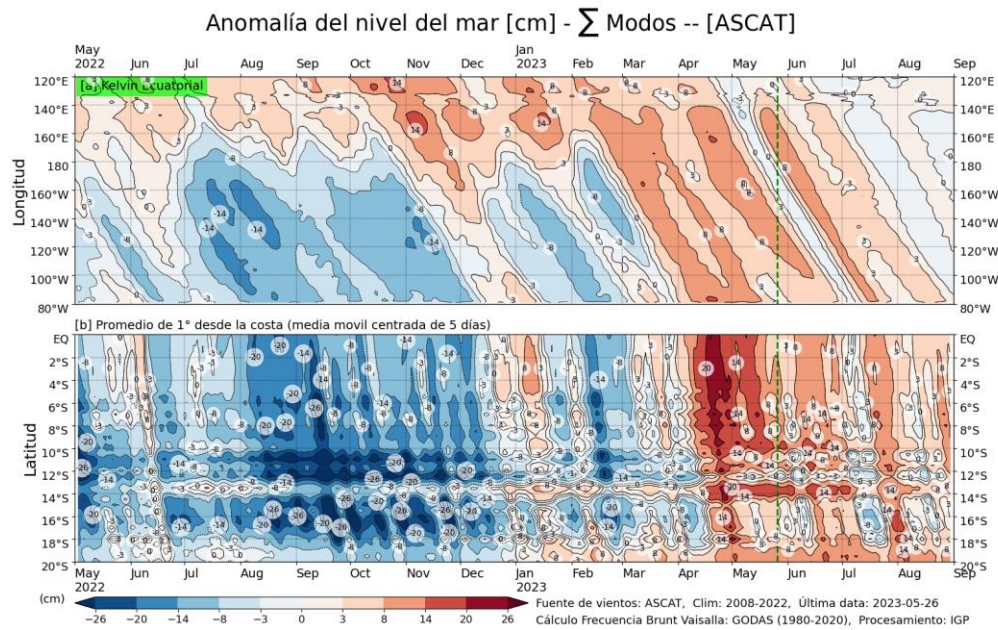


Figura 41. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

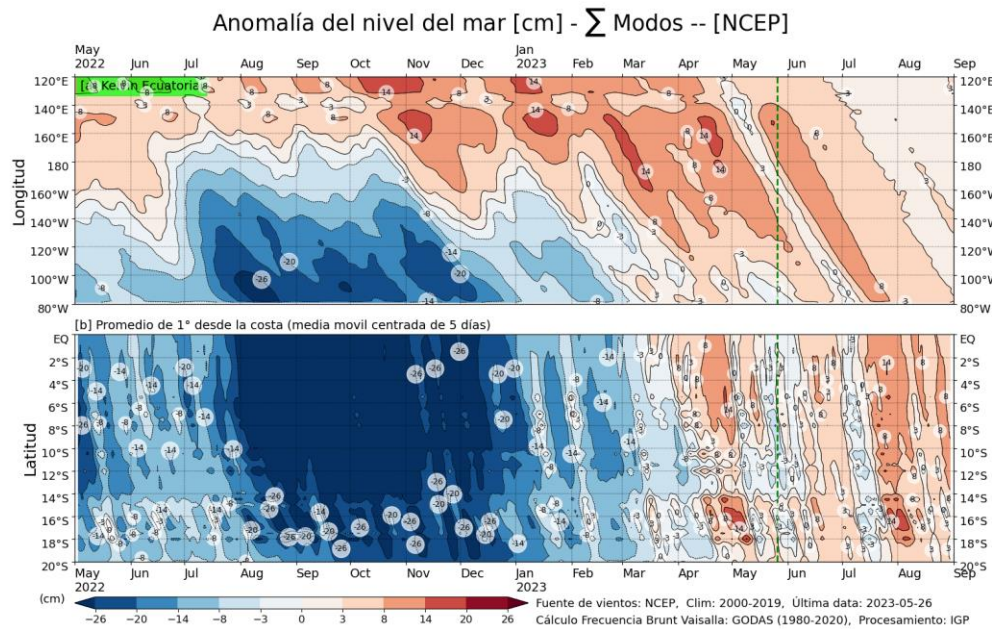


Figura 42. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada NCEP. Fuente: IGP

Conforme 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 estima una mayor probabilidad de que en el Pacífico central, en el mes de junio se inicie el desarrollo del evento El Niño (Tabla 7, Tabla 8 y Figura 43) que, dada su tendencia, alcanzaría su mayor intensidad a fines de año. Para el verano 2023-2024, el evento alcanzaría la magnitud cálida débil (Tabla 9)

Tabla 7. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre junio y octubre 2023.

Pacífico central	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)	Octubre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0
Neutro	37	23	15	12	8
Cálida débil	58	61	60	53	41
Cálida moderado	5	16	25	33	44
Cálida fuerte	0	0	0	2	7
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas hasta al menos octubre de 2023 (Tabla 8 y Figura 43). Dichas condiciones se atenuarían ligeramente para fines de año. Posteriormente, para el verano 2023-2024 la mayor probabilidad corresponde a El Niño de magnitud débil, seguida de la probabilidad de magnitud moderada (Tabla 10).

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre junio y octubre 2023.

Pacífico oriental	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)	Octubre (%)
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	1	3
Cálida débil	0	4	9	11	15
Cálida moderado	48	50	51	51	50
Cálida fuerte	52	46	40	37	32
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0

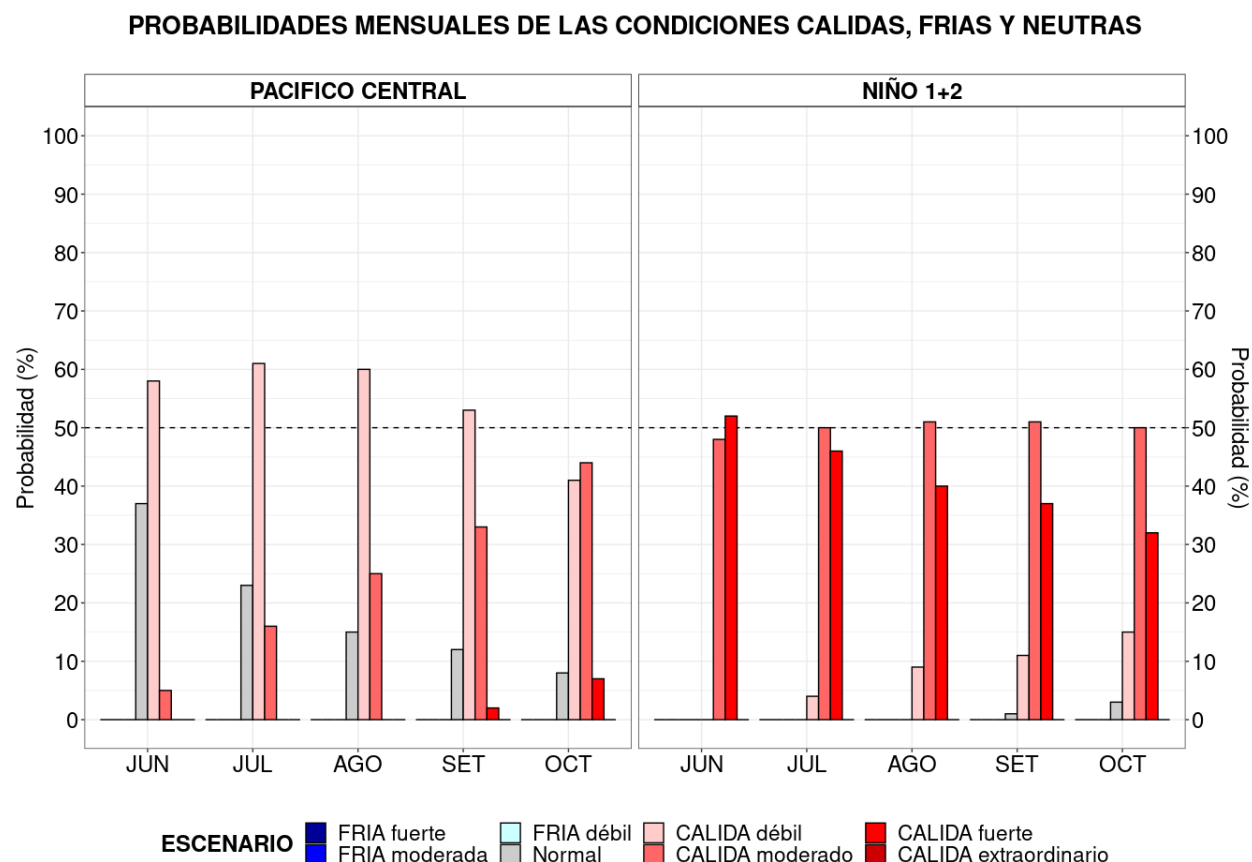


Figura 43. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre junio y octubre 2023.

Tabla 9. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) para el verano diciembre 2023-marzo 2024

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	3
Neutro	14
El Niño Débil	39
El Niño Moderado	35
El Niño Fuerte	7
El Niño Muy fuerte	1

Tabla 10. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña costeros (región Niño 1+2, frente a la costa norte y centro del Perú) para el verano diciembre 2023-marzo 2024.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña Moderada	0
La Niña Débil	3
Neutro	20
El Niño Débil	35
El Niño Moderado	33
El Niño Fuerte	8
El Niño Extraordinario	1

Para el trimestre junio-agosto de 2023², se prevé precipitaciones ligeramente sobre lo normal en la costa norte y centro, caracterizadas por la ocurrencia de lluvias localizadas y lloviznas, respectivamente; en tanto las temperaturas extremas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal a lo largo de la costa. En el verano de 2024, basado en el escenario de El Niño, es probable la ocurrencia de eventos de lluvias de moderada a fuerte intensidad principalmente en la costa y sierra norte, así como temperaturas del aire por encima de sus valores normales en la costa.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, debido a la probable persistencia de las condiciones cálidas anómalas, se espera que se mantenga la disponibilidad y accesibilidad de los recursos caballa y bonito. Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza presente una alta dispersión y desplazamiento hacia el sur de su distribución normal de los individuos adultos. Además, se prevé la permanencia de especies propias de aguas cálidas en las regiones centro y sur del litoral peruano.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que considera que es más probable que, en la región Niño 1+2 (que abarca la zona norte y centro del mar peruano), El Niño costero continúe hasta el verano de 2024. La magnitud más probable del evento para el otoño 2023 estaría entre fuerte y moderada; mientras que, para invierno y primavera, moderada. Finalmente, para el verano de 2024 la magnitud más probable estaría entre moderada y débil.

Para la región del Pacífico central (región Niño 3.4), conforme al juicio experto del ENFEN; basado en los datos observados hasta la fecha, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales; persiste una mayor probabilidad del desarrollo de El Niño a partir de junio. Por lo

pronto, se estima que el evento tendría una magnitud más probable de débil hasta setiembre, con una tendencia a intensificarse hasta fines de año. Por otro lado, para el verano de 2024 es más probable que el evento tenga una magnitud entre débil y moderada.

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 16 de junio 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)
- 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>
- 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 (BBP)	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]