

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 9 N°4

AL 11 DE ABRIL 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 Carlos Montero Chirito

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: Grinia Avalos, Nelson Quispe, Tania Ita, Yury Escajadillo, Andrés Rodríguez y Glicerio Canchari

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Daniel Paredes, Renzo Adrianzen, Biby Tenaud y 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), 2022.

Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°4, al 11 de abril 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: 13 de abril de 2023



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

AL 11 DE ABRIL 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 MARZO DE 2023	10
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	10
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales.....	19
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	39
3.4.	Condiciones hidrológicas.....	46
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	49
IV.	PERSPECTIVAS	50
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
VI.	REFERENCIAS	58
VII.	ANEXO	60

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

2.1. Variables

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

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

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

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En marzo, la TSM aumentó respecto a febrero en toda la franja ecuatorial, manifestándose condiciones neutras en la regiones occidental y central, y condiciones cálidas anómalas en la región oriental, con una anomalía promedio de hasta $+1^{\circ}\text{C}$. Para lo que va de abril (del 1 al 8) la TSM continuó aumentando; evidenciando un mayor calentamiento cerca a la costa de Sudamérica (Figura 1 y Figura 2). Es así que, de febrero a marzo, en la región Niño 4 la anomalía varió de $-0,56$ a $-0,32$ $^{\circ}\text{C}$; en Niño 3.4, de $-0,47$ a $-0,16$ $^{\circ}\text{C}$; en Niño 3, de $-0,09$ a $0,25$ $^{\circ}\text{C}$ y en Niño 1+2, de $0,49$ a $1,40$ $^{\circ}\text{C}$ (Tabla 1); asimismo, para la primera semana de abril la anomalía varió en la región Niño 1+2 aumentando a $+2,7$ $^{\circ}\text{C}$ (Tabla 2).

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

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Oct. 22	19.23	-1.79	23.88	-1.10	25.73	-0.98	27.64	-1.12
Nov.	20.52	-1.13	24.16	-0.94	25.80	-0.90	27.71	-0.99
Dic.	22.35	-0.46	24.41	-0.81	25.75	-0.85	27.70	-0.84
Ene.	24.00	-0.57	25.10	-0.55	25.83	-0.71	27.66	-0.66
Feb.	26.59	0.49	26.31	-0.09	26.28	-0.47	27.63	-0.56
Mar. 23	27.89	1.40	27.46	0.25	27.13	-0.16	28.00	-0.32

Tabla 2. Valores semanales 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	
1-Mar-23	27.6	1.1	26.8	0.1	26.7	-0.2	27.7	-0.4
8-Mar-23	28.0	1.5	27.3	0.4	27.0	-0.1	27.9	-0.2
15-Mar-23	27.9	1.4	27.7	0.6	27.3	0.1	28.0	-0.1
22-Mar-23	28.4	2.0	27.7	0.4	27.3	0.0	28.2	-0.1
29-Mar-23	28.2	1.9	27.6	0.1	27.5	0.0	28.4	0.1
05-Abr-23	28.7	2.7	27.7	0.2	27.6	0.0	28.7	0.3

Promedio de la Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar:
Marzo-01-2023 a Marzo-31-2023

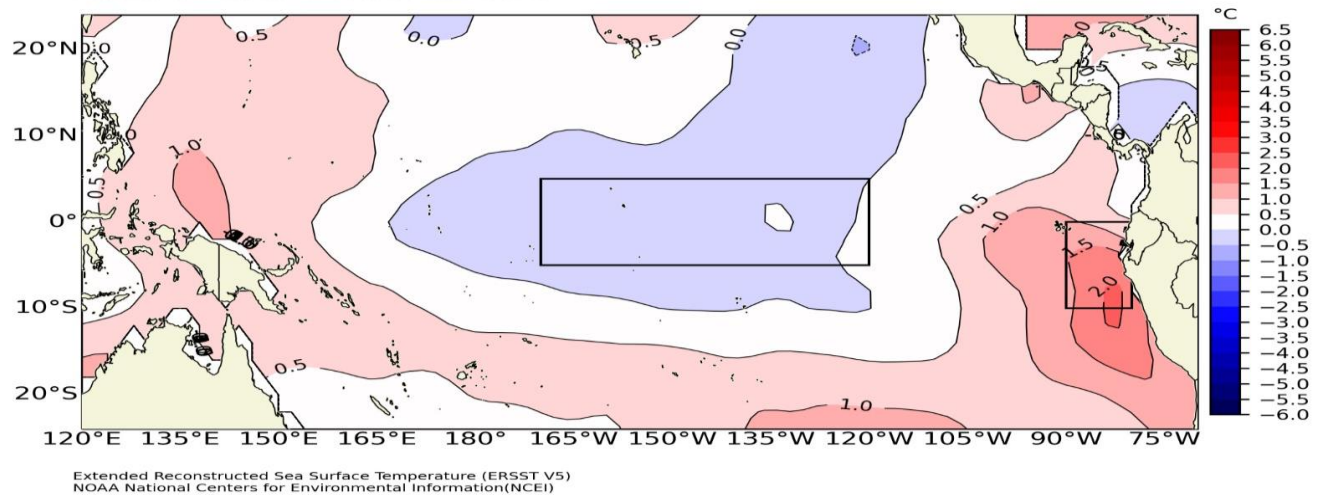


Figura 1. Promedio del mes de marzo 2023 de las anomalías de la TSM en el Pacífico tropical.
Fuente de datos: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV.

Promedio de la Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar:
Abril-01-2023 a Abril-08-2023

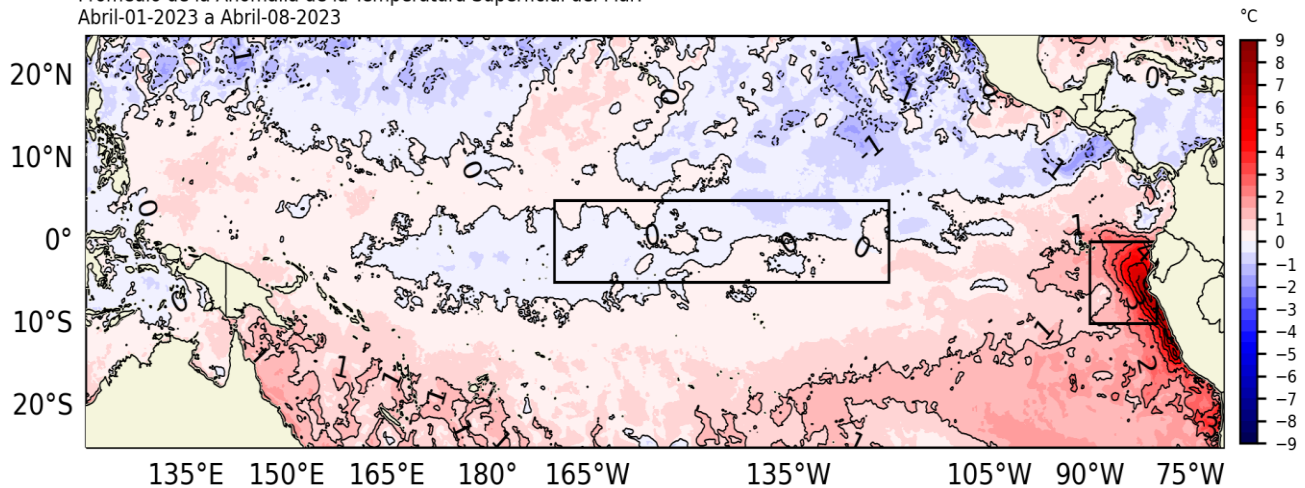


Figura 2. Promedio de las anomalías de TSM en el Pacífico tropical entre 1 y 8 de abril.
Fuente de datos: OSTIA. Elaboración: DIHIDRONAV

Los valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de febrero corresponde a la condición cálida débil y el ICEN temporal (ICENtmp) de marzo se ubica dentro de la condición cálida moderada. Por otro lado, los valores del ONI de febrero y el temporal (ONItmp) de marzo corresponden a las condiciones neutras (Tabla 3)

Tabla 3. Valores del ONI e ICEN desde marzo de 2022 hasta febrero de 2023 y sus valores temporales de marzo.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
mar-22	-1,10	Fría Débil	-1,00	Fría Moderada
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
Mes	ICENTmp	Mes	ONItmp	Mes
mar-23	1,19	Cálida Moderada	-0,22	Neutro

Fuente: IGP

Durante marzo, el núcleo del paquete de ondas de Kelvin cálidas habría iniciado su arribo a la costa sudamericana. Se aprecia el avance de otro paquete de ondas de Kelvin cálidas hacia la costa americana, cuya intensidad, a la fecha, es mayor al que le antecede. Una anomalía del nivel del mar positiva al este de 150°W sería parte de una onda de Kelvin cálida que se habría desarrollado por la presencia de un pulso de viento del oeste en dicha región que pudo haberse generado por un pulso de viento del este en dicha región (Figura 3 y 4).

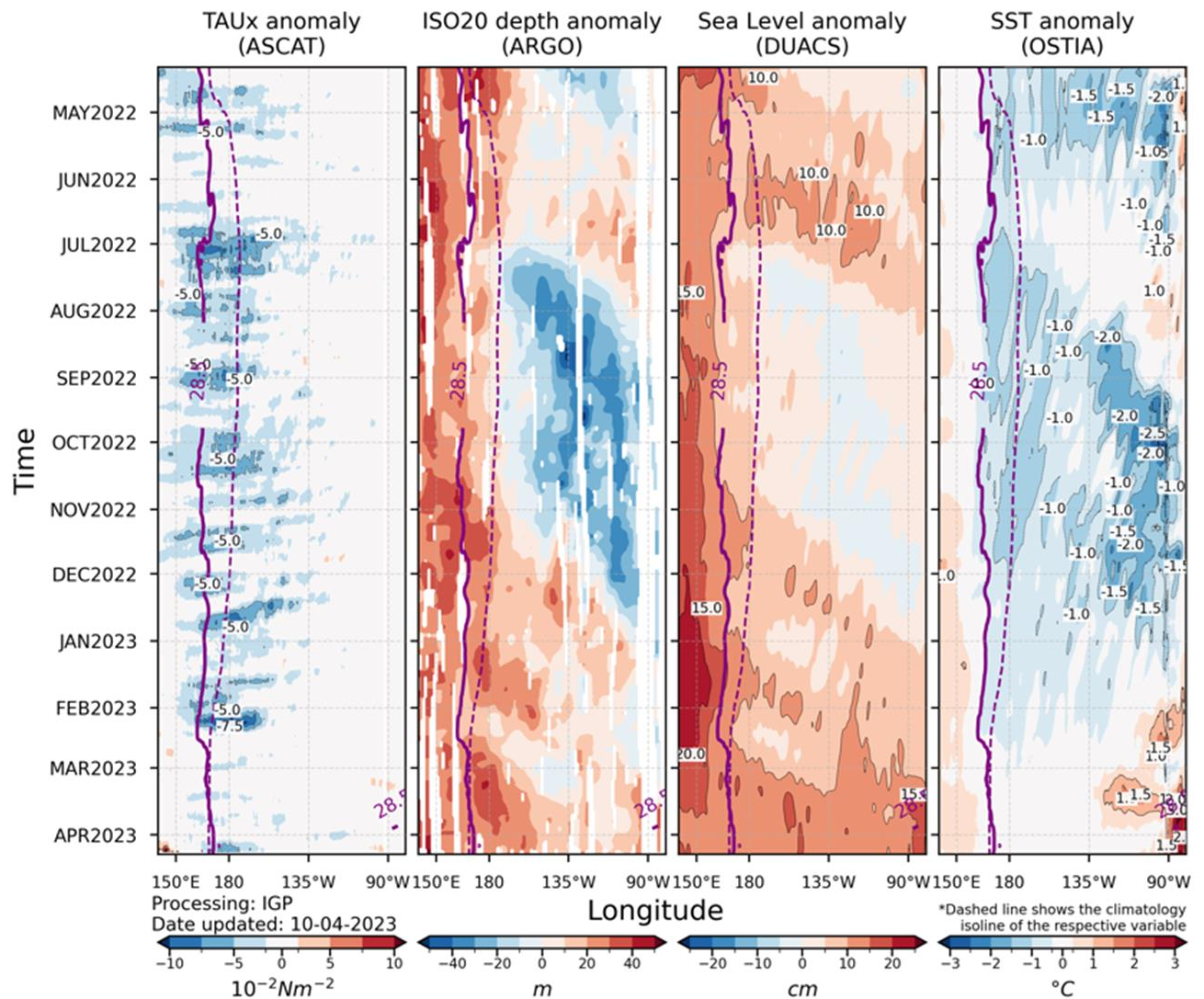
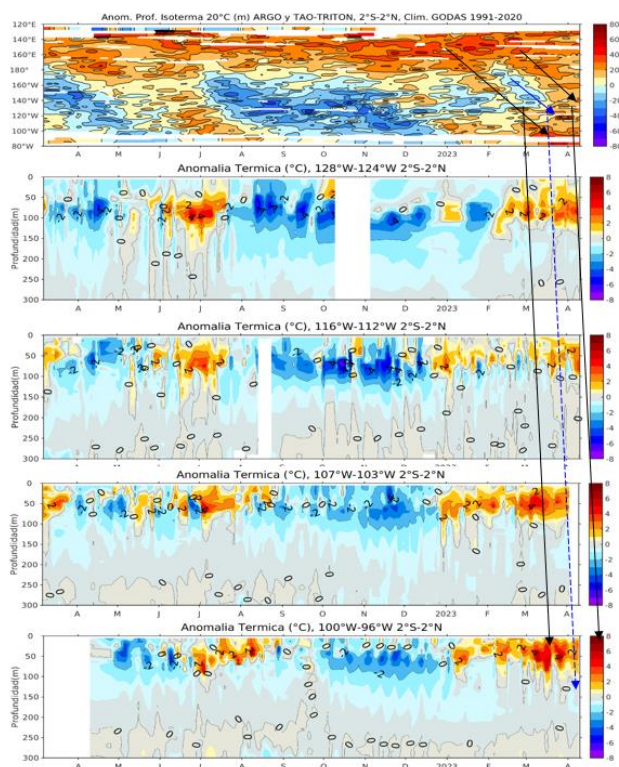


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP.



Anomalía de Temperatura en las boyas ARGO

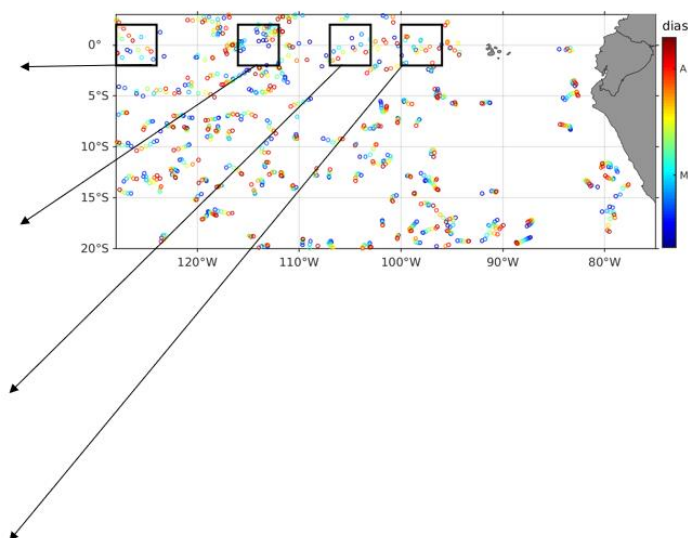


Figura 4. Diagrama Hovmöller de la evolución de la anomalía de la profundidad (m) de la isoterma de 20 °C en el Pacífico Ecuatorial (120°E a 80°W), y evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores en el Pacífico Ecuatorial oriental (derecha, de arriba hacia abajo); ubicación de las regiones y posiciones de los perfiladores ARGO utilizados para elaborar los Hovmoller de anomalía de temperatura, para los últimos dos meses (superior derecha), Hovmoller de la evolución de la anomalía de la velocidad del viento zonal a 10 m sobre la superficie del mar en el Pacífico Ecuatorial (120°E a 80°W)

Fuente: NCEP/NCAR - ARGO, climatología: 1991-2020 (izquierda inferior).

Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

En el Pacífico ecuatorial, en promedio para marzo, el patrón subsidente de la célula de Walker persistió entre los 120°E y la línea de cambio de fecha, expandiéndose incluso, aunque con menor intensidad, hasta los 150°W. Dicho patrón subsidente, en el Pacífico occidental, estuvo asociado a vientos anómalos del oeste en tropósfera alta (200 hPa), que predominaron en esa misma región. Asimismo, en la baja tropósfera (850 hPa), sobre el Pacífico centro-oriental, predominaron anomalías débiles de vientos del oeste, los cuales favorecieron el calentamiento del mar y el transporte de humedad hacia las costas, e incluso cuenca media de Perú. (Figura 5). En los primeros diez días de abril el patrón subsidente alrededor de la línea de cambio de fecha se ha debilitado, y se observan ascensos entre los 120 y 150°E (asociado a la fase divergente de la MJO); mientras que en el Pacífico oriental persisten los ascensos asociados a la convección.

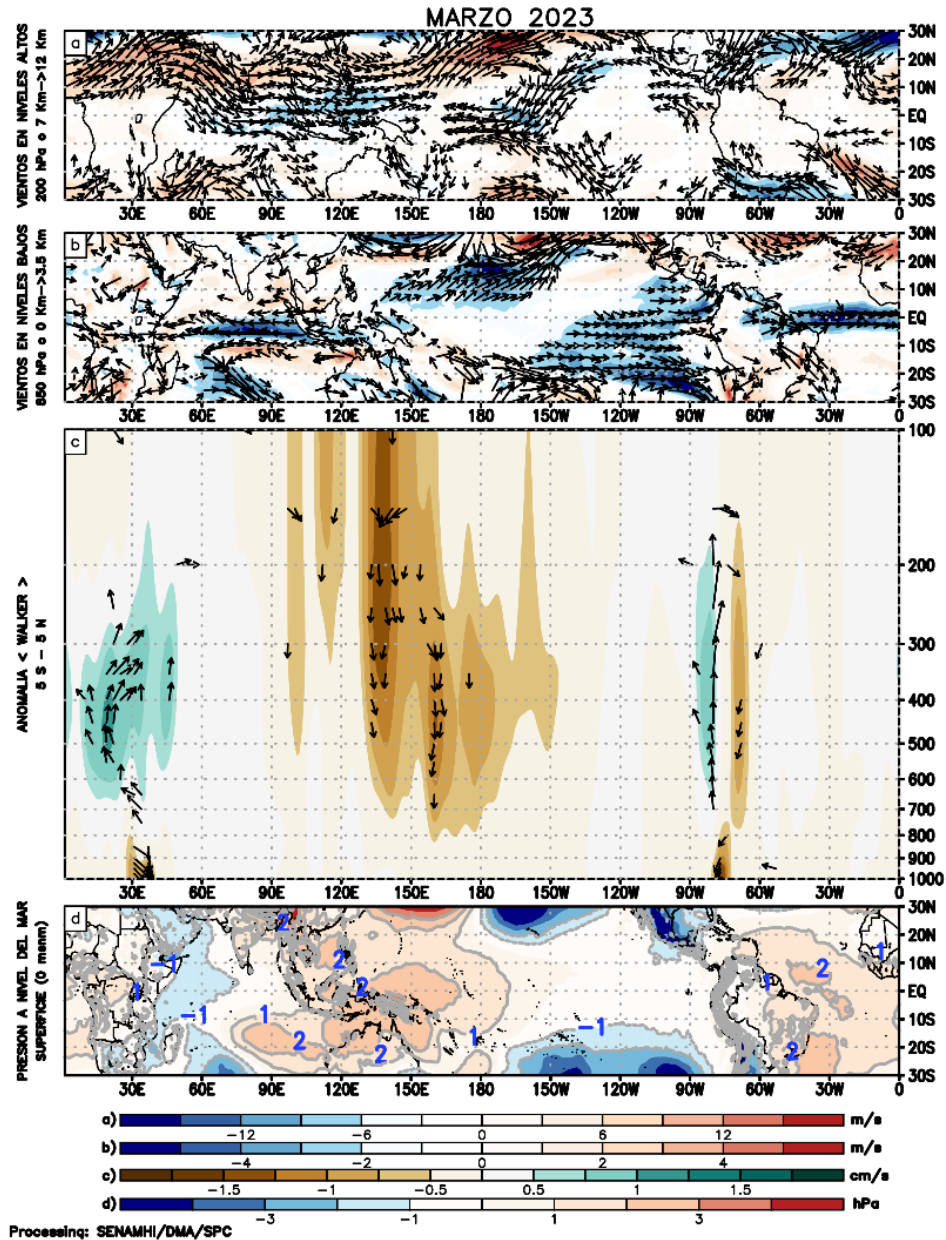


Figura 5. (a) Anomalías de los vientos respecto a su velocidad (colores) y dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) y (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker). Periodo: marzo de 2023. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para marzo, se ubicó al suroeste de su posición normal con núcleo de 1022 hPa entre los 125°W y 42°S; en dicha posición el núcleo del APS alcanzó una anomalía de hasta +7 hPa sobre su normal; mientras que, sobre su posición climática, los valores de la presión atmosférica presentaron anomalías negativas de hasta -5 hPa (Figura 6). En lo que va de abril, el APS, en promedio, se ha acercado a la costa de Sudamérica, con un núcleo de hasta 1018 hPa, 5 hPa por debajo de lo normal, ubicándose aún al sur de su posición normal. La configuración del APS durante marzo favoreció el debilitamiento de los vientos del sur, permitiendo,

además, el ingreso de vientos anómalos intensos del oeste y noroeste hasta la costa central y en la primera quincena del mes, periodo en el cual estuvo presente el ciclón Yaku frente a la costa peruana. Durante la segunda quincena del mes, también se presentaron anomalías del oeste y noroeste aunque con menor intensidad que las semanas anteriores. En lo que va de abril, los vientos anómalos del noroeste y oeste se mantienen frente a la costa norte de Sudamérica, alcanzando, inclusive, la costa central de Perú en los últimos cinco días (Figura 7).

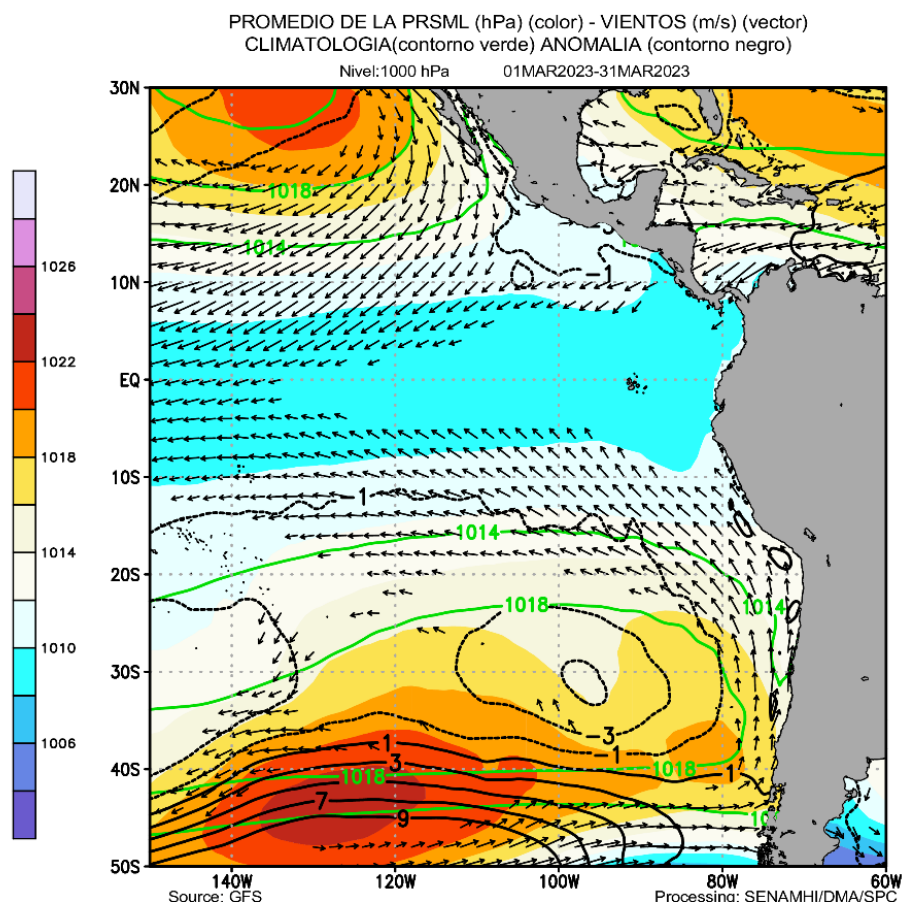


Figura 6. Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (colores) con su climatología (línea verde), anomalía (línea negra) y vientos (flechas) para marzo de 2023.

Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI-SPC

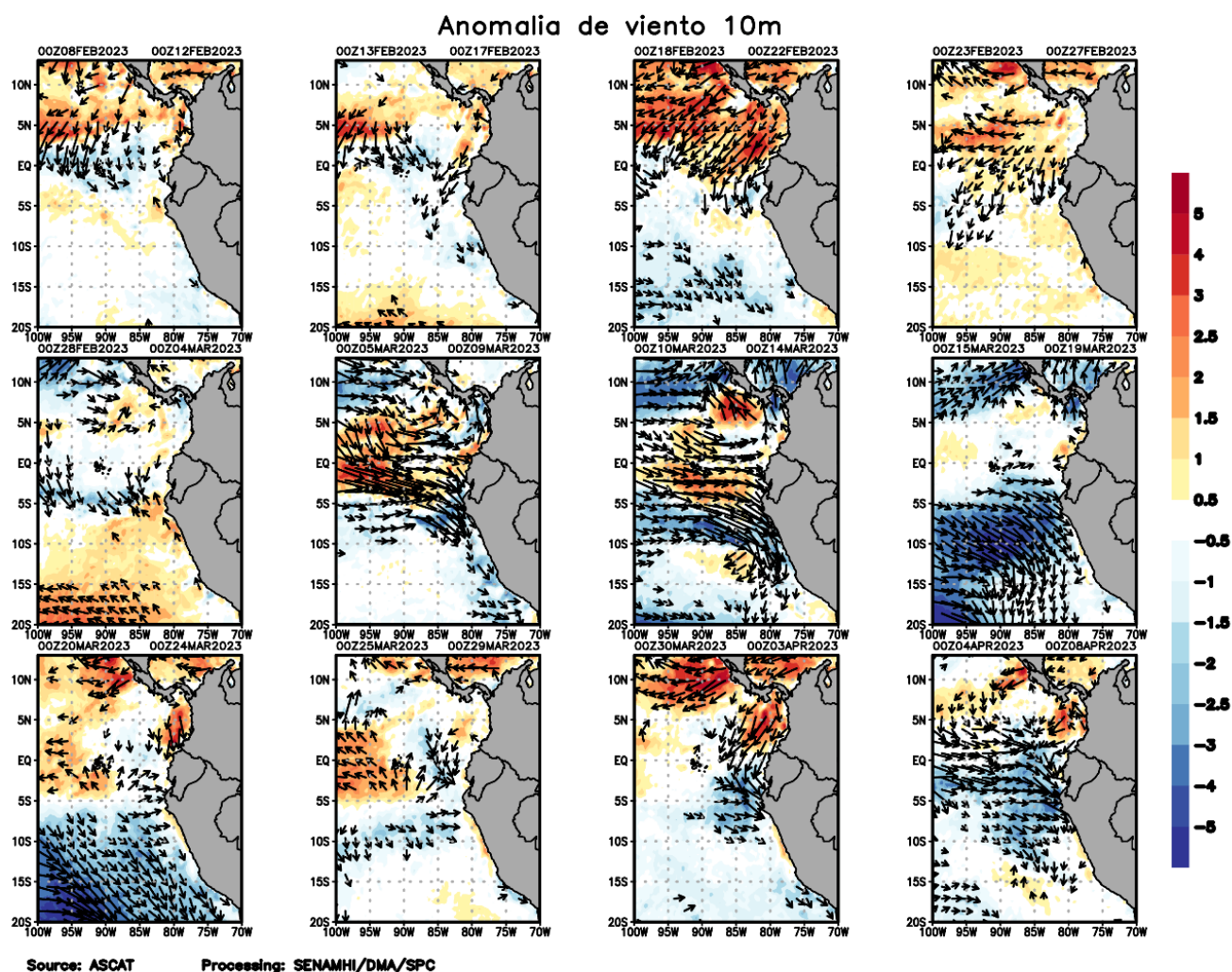


Figura 7. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: ASCAT. Procesamiento: SENAMHI.

En la franja más próxima al litoral (hasta los 50 km por fuera de la costa), sobre la superficie, se observaron vientos de componente norte, los cuales alcanzaron periódicamente la costa central, y vientos débiles del sur, lo cual se vio reflejado en anomalías del norte, principalmente en la primera quincena de marzo. Durante los últimos 15 días de marzo se observó un fortalecimiento de los vientos alisios, principalmente frente a la costa central del país (Figura 8).

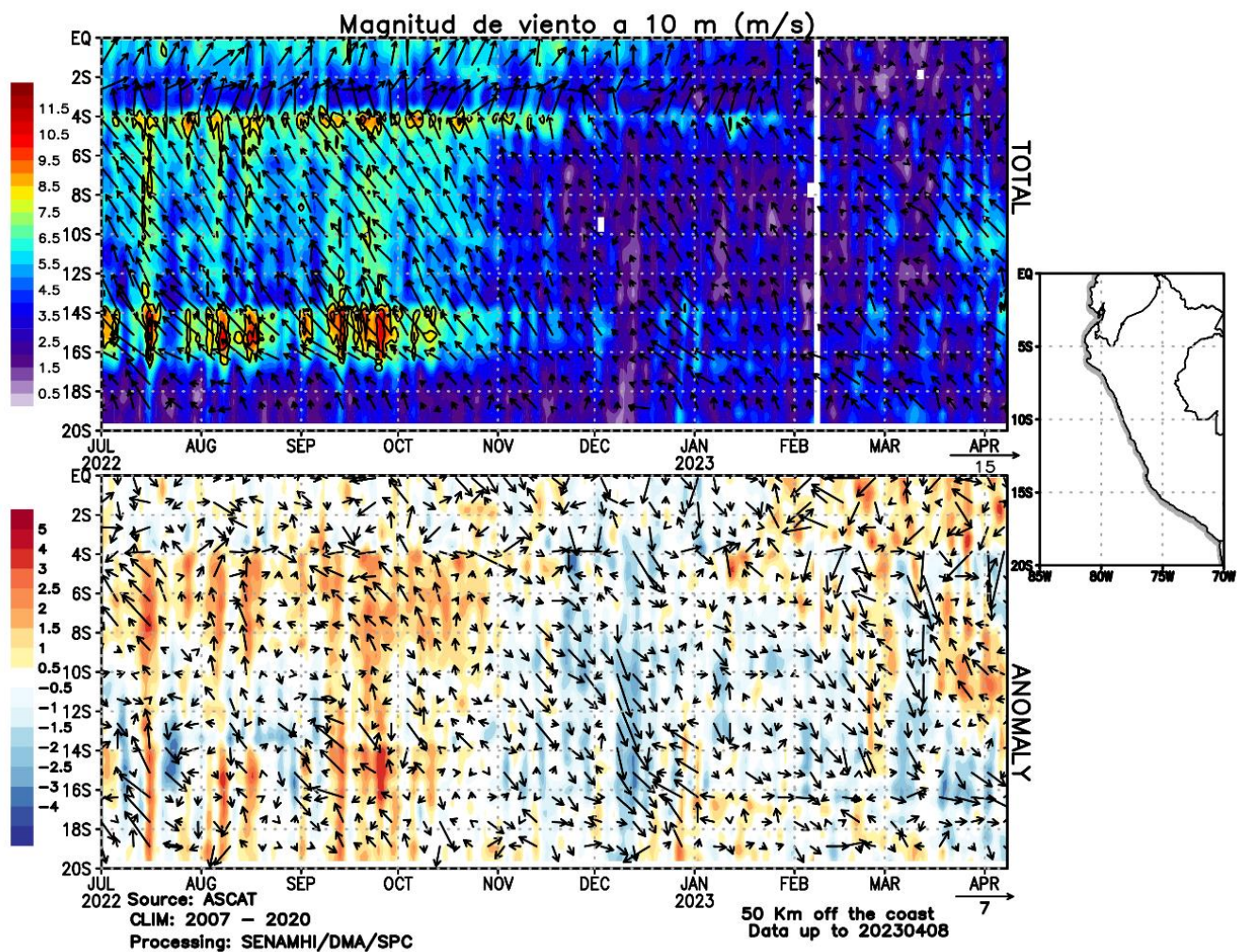


Figura 8. Diagramas Hovmöller de la velocidad del viento dentro de los 300 km frente a la costa (panel superior) y de su anomalía (panel inferior) frente a la costa de Perú.
Fuente: Satélite ASCAT Procesamiento: SENAMHI

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 débiles ($< 4,1 \text{ m s}^{-1}$) durante la primera quincena de marzo, mientras que, para la segunda quincena de marzo, el viento se incrementó hasta alcanzar valores de $5,5 \text{ m s}^{-1}$, asociados a anomalías positivas entre San José (Lambayeque) y Huacho. En lo que va de abril se observó un ligero incremento del viento, mientras que al norte de San José y al sur de San Juan de Marcona persistieron vientos débiles con anomalías negativas ($< -1,0 \text{ m s}^{-1}$) (Figura 8 y Figura 9).

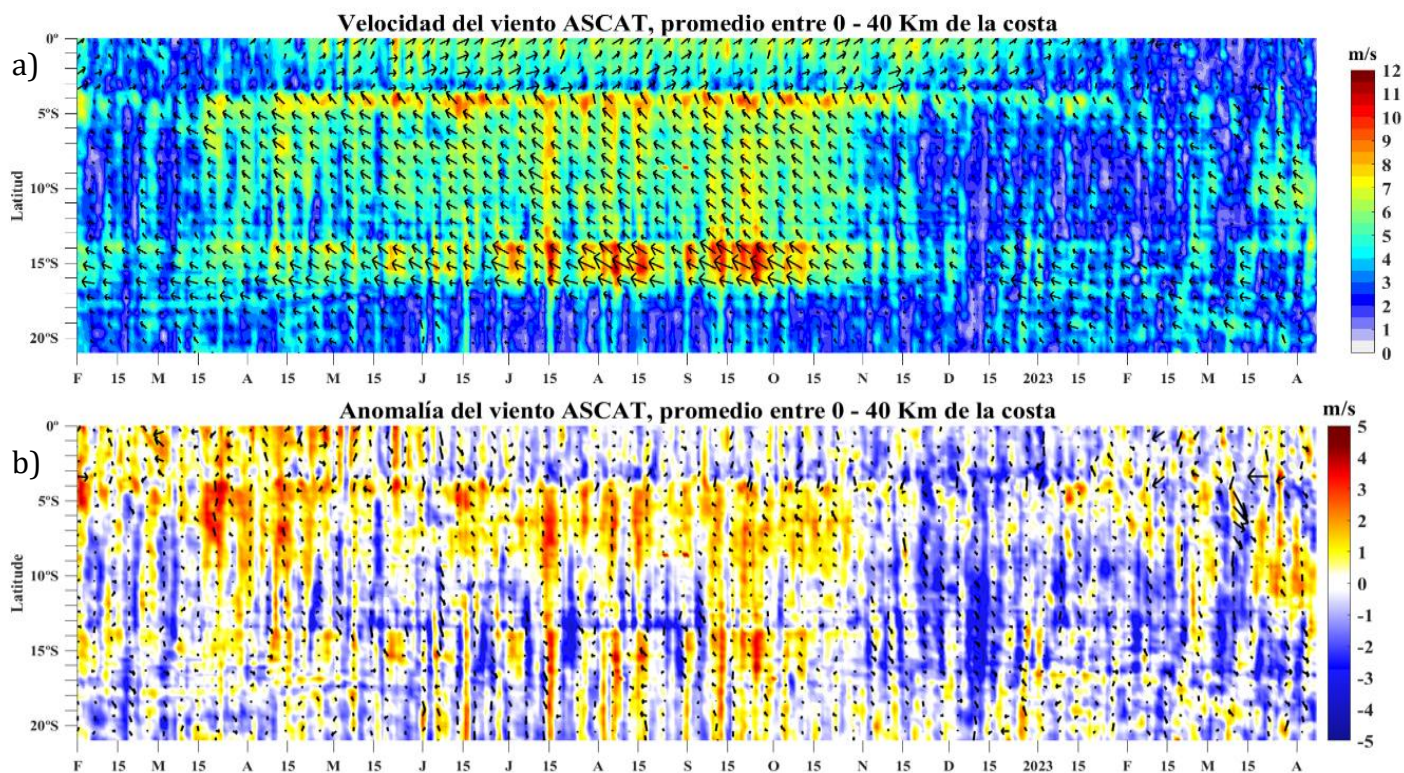


Figura 9. Viento Satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1})

Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: LSR/IMARPE.

El afloramiento costero presentó valores menores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ a lo largo de la costa durante la primera quincena de marzo, incrementándose a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ durante la segunda quincena del mes de marzo y los primeros días de abril (**Figura 10**). Con respecto al bombeo de Ekman, este presentó anomalías negativas en el mes de marzo, los cuales estarían vinculados al debilitamiento de los vientos costeros y oceánicos, e incluso a su cambio de dirección de suroeste a noroeste frente a la costa norte, en la segunda semana del mes de marzo. En lo que va de abril, se observó un restablecimiento hacia condiciones normales, aunque los últimos días presento un descenso del bombeo Ekman (**Figura 10**).

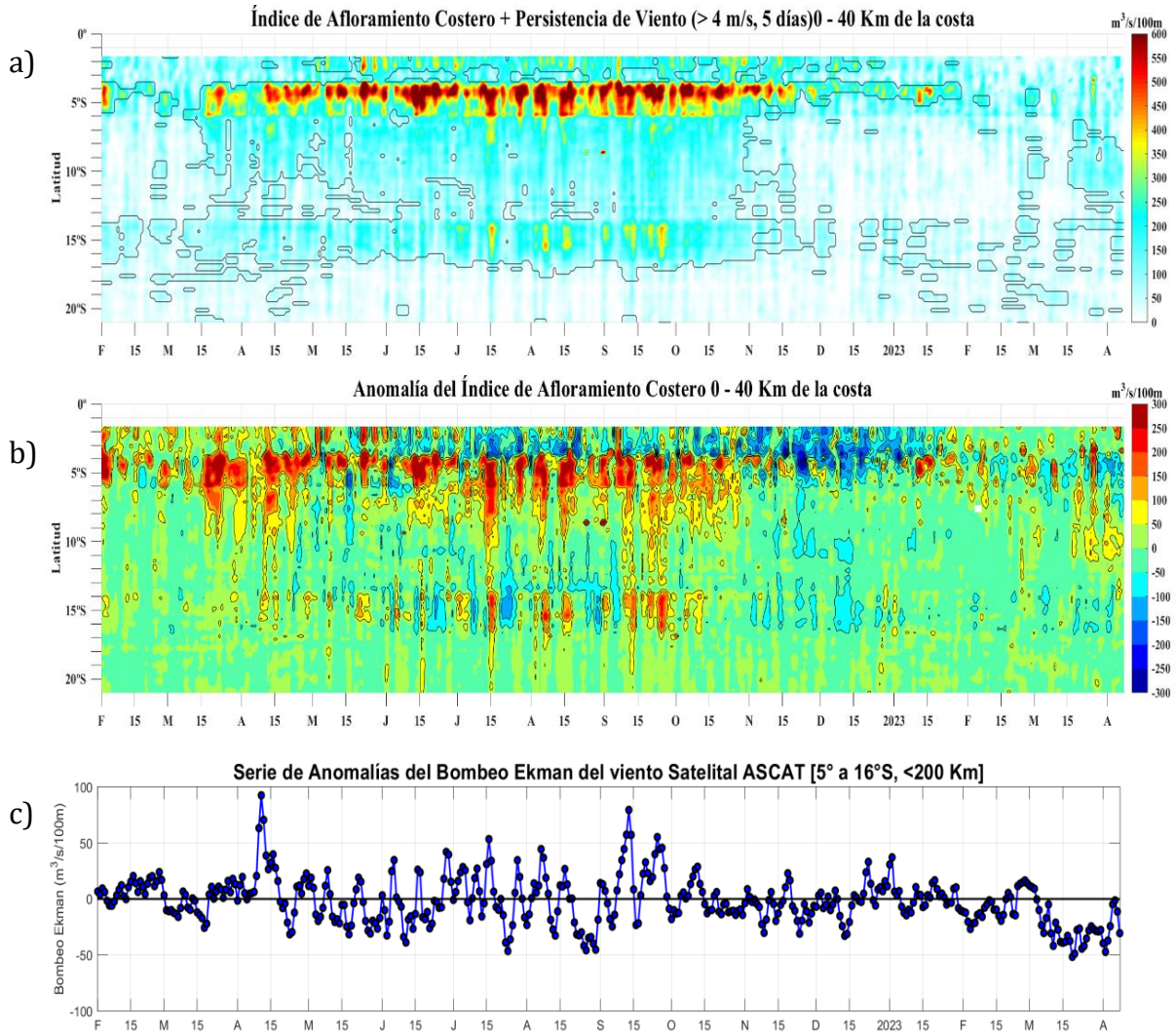


Figura 10. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$); c) Anomalía del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 Km adyacentes a la costa entre los 5 y 16° S ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$).

Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

Durante marzo, la temperatura mínima del aire a lo largo de la costa mostró una tendencia ascendente en sus valores, alcanzando anomalías decadales positivas superiores a los 2 °C en la costa norte. En promedio, durante el mes, se alcanzaron anomalías de 1.1, 1.4 y 0.6 °C en la costa norte, central y sur, respectivamente. Respecto a la temperatura máxima del aire, se observó un incremento en sus valores, principalmente en la costa central del país, donde se registraron anomalías decadales positivas superiores a los 2°C. En la costa norte se registraron anomalías positivas de forma puntual, pero también anomalías negativas, las cuales estuvieron asociadas a la cobertura nubosa producto de la convección en dicha región. En promedio durante marzo, las anomalías alcanzaron 0.8, 1.4 y 1.4 °C, en la costa norte, central y sur, respectivamente (Figura 11).

En promedio, para los nueve primeros días de abril, ambas temperaturas extremas registran anomalías positivas, alcanzando valores de hasta $+2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el caso de la temperatura máxima en la costa central y sur, y los $+3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el caso de la temperatura mínima en la costa central. Cabe mencionar que en la zona oeste y centro de Lima metropolitana se registra por más de 30 días una ola de calor nocturna, asociada al calentamiento del mar y al debilitamiento de los vientos del sur en días pasados.

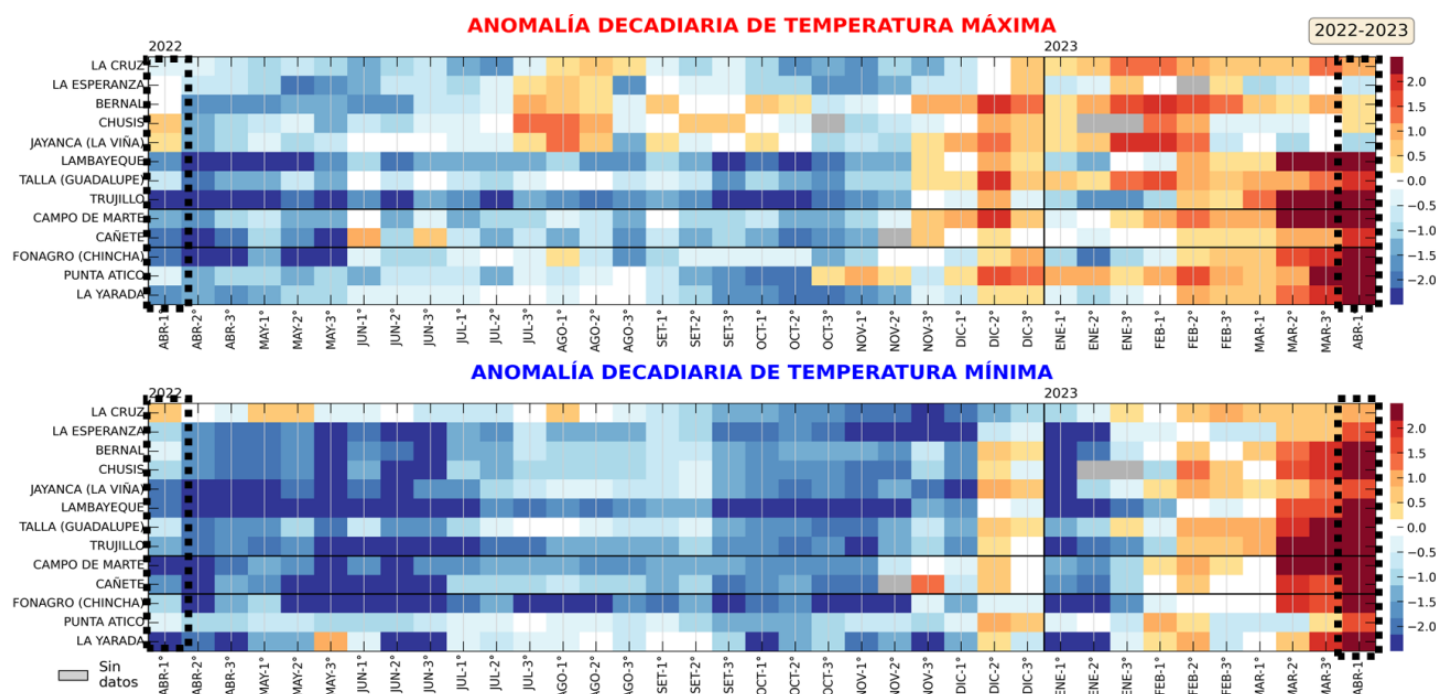


Figura 11. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras del SENAMHI de marzo 2022 a marzo 2023. Fuente y procesamiento: SENAMHI.

Para marzo, la temperatura aumentó en la zona norte y parte centro del mar de Perú, lo que generó que las anomalías aumentaran respecto a febrero, incrementándose la anomalía máxima de $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a la costa norte; en tanto que en el sur el calentamiento anómalo se manifestó con anomalías de hasta $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por fuera de las 50 millas de la costa. Esta información satelital es congruente con lo observado en marzo en el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2302-03 del IMARPE donde al sur de Punta Falsa, se registraron TSM entre $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre Pacasmayo y Huacho desde las 20 hasta las 80 mn. Asimismo, predominaron anomalías entre $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un núcleo de $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 30 mn frente a Supe-Huacho y otro núcleo similar frente a Callao-Pisco (Figura 12). En lo que va de abril, temperaturas de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ se ubicaron cerca de la costa norte y centro, lo que generó el aumento de las anomalías de hasta $+9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente; en tanto que en el sur, temperaturas de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ se replegaron hacia el litoral. Esto último facilitó que el escenario de condiciones cálidas se extienda desde el litoral hacia la zona oceánica con anomalías de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 13).

Asimismo, en el litoral, el calentamiento anómalo se manifestó desde marzo hasta la fecha con una tendencia positiva, observándose anomalías promedio entre $+8^{\circ}\text{C}$ y $+6^{\circ}\text{C}$ para la primera semana de abril en el litoral norte y centro, respectivamente; en tanto que en el litoral sur el calentamiento se extendió en toda la zona, durante la primera semana de abril (Figura 14 y **Figura 14**). El calentamiento que afecta el mar peruano continúa su desarrollo como una ola de calor marina (OCM, Hobday et al., 2016), cuyo desarrollo alcanzó 42 días al 08 de abril desde su origen frente a la costa norte y se ha fortalecido frente a la costa central. En la última semana, la anomalía térmica varió de $+4,71$ a $+5,44^{\circ}\text{C}$ en la zona norte, de $+5,61$ a $+6,27^{\circ}\text{C}$ frente a Chicama y de $+4,21$ a $+4,74^{\circ}\text{C}$ frente a Huacho (Figura 16).

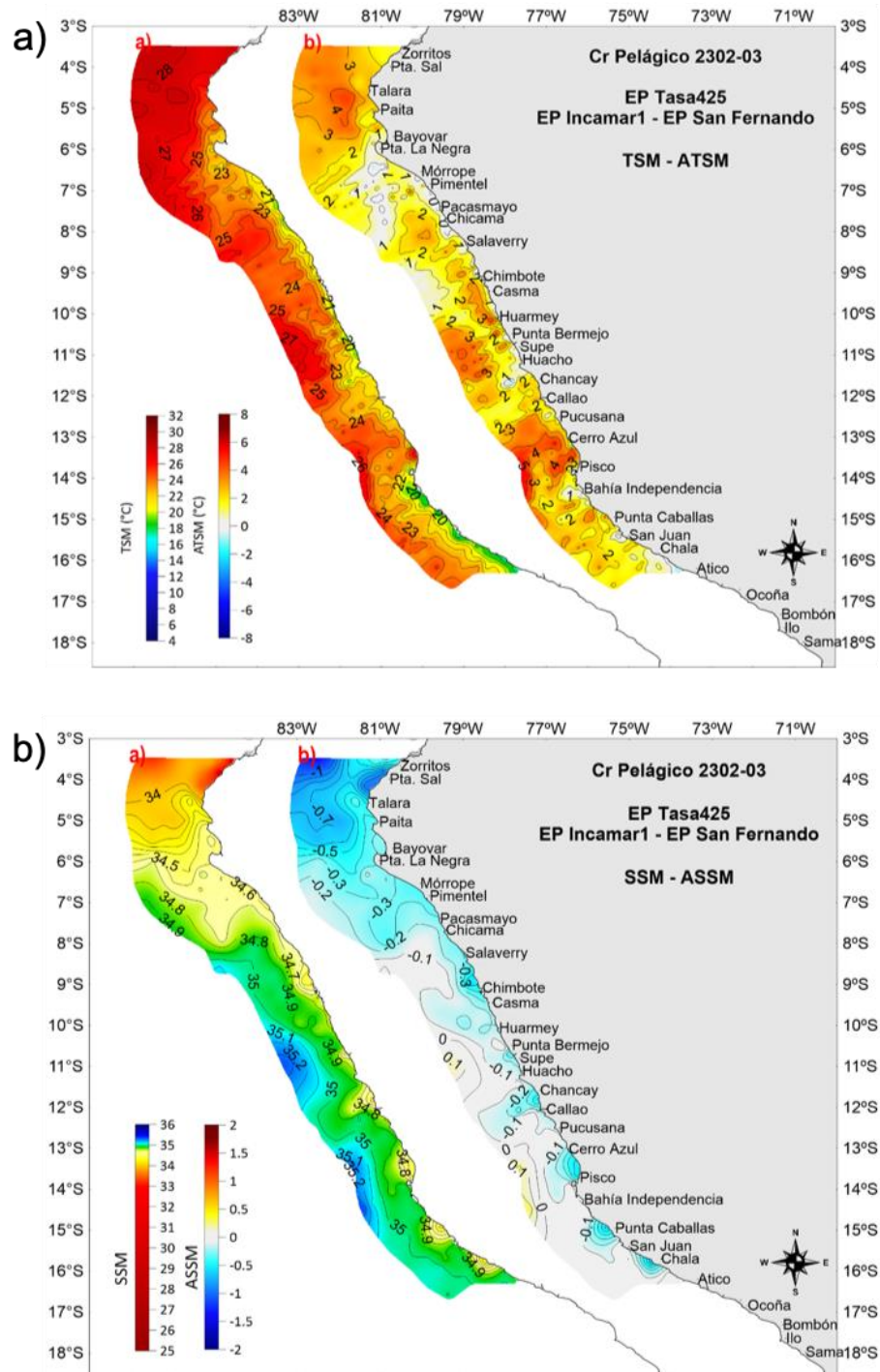


Figura 12. a) TSM (°C) y ATSM (°C) y b) SSM y ASSM, registrada por el Crucero Pelágico 2302-03 (EP Tasa425 – EP Incamar1), ejecutado del 21-02-2023 al 23-03-2023. El crucero recorrió de norte a sur, alcanzando Punta La Negra el 01 de marzo, Chimbote el 08 de marzo y Callao el 15 de marzo

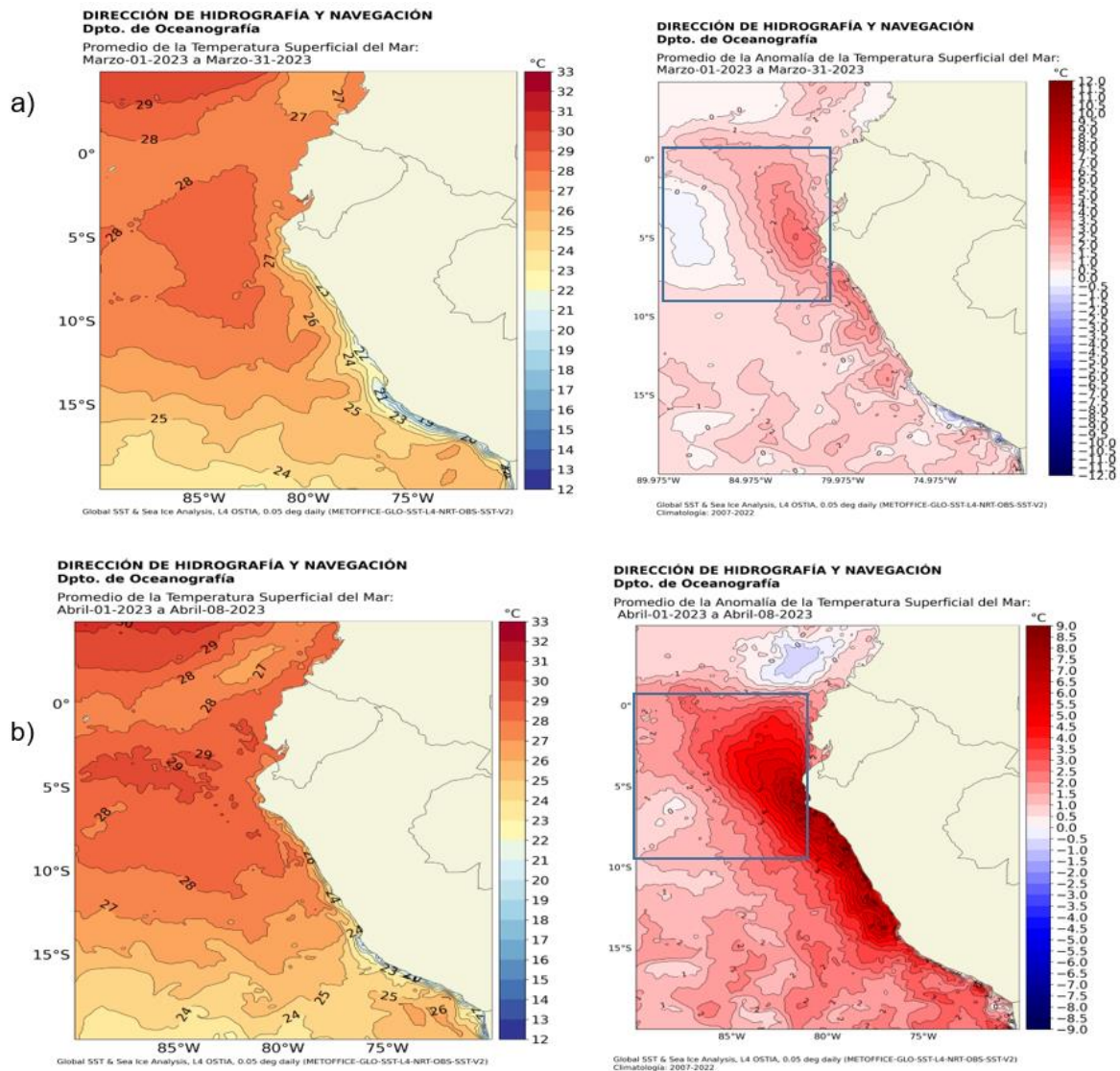


Figura 13. Distribución superficial de la temperatura y su anomalía para el periodo de a) marzo y b) abril 2023.

Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2022. Elaboración: DIHIDRONAV.

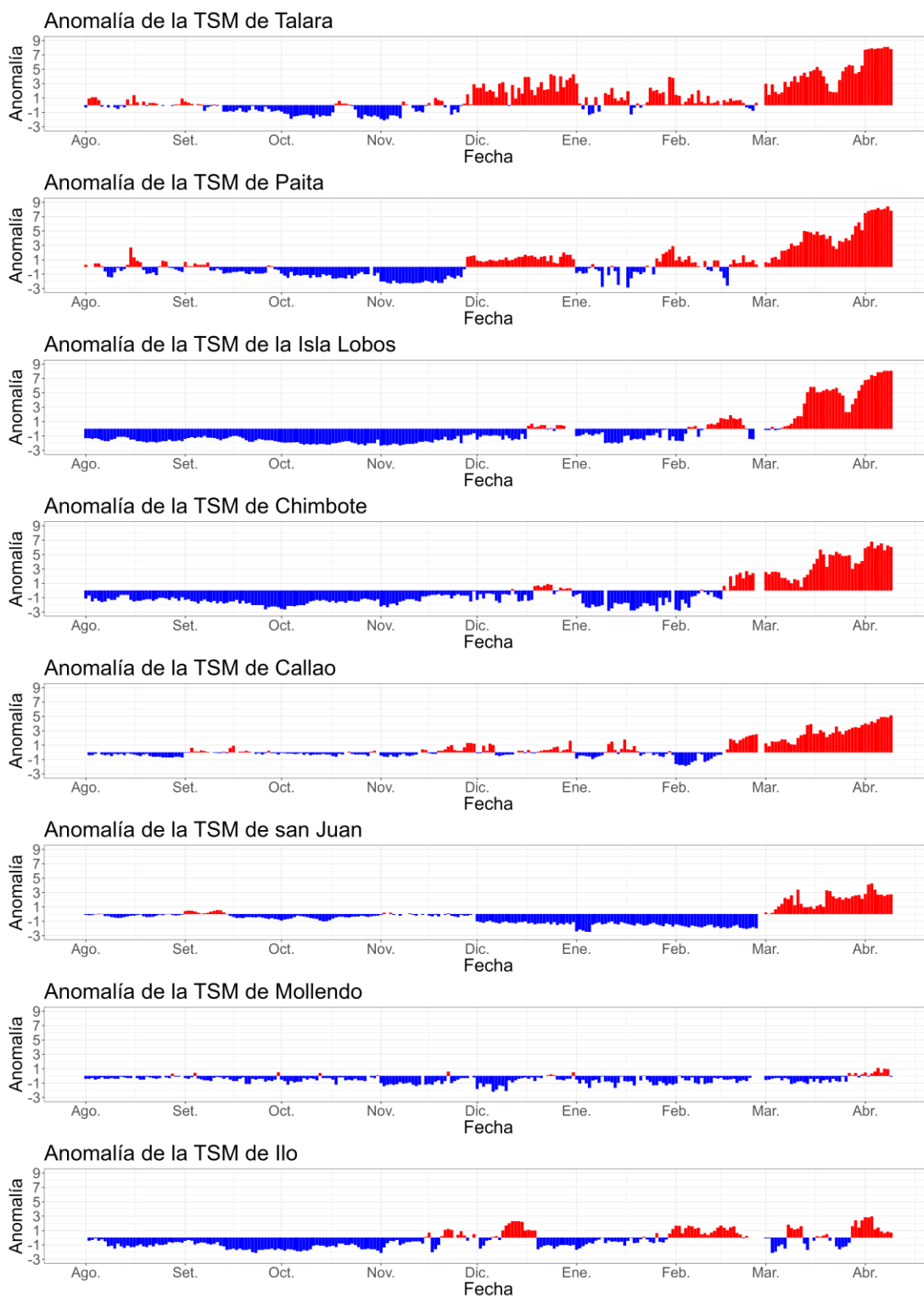


Figura 14. Anomalía de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de agosto 2022 a abril 2023.

Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

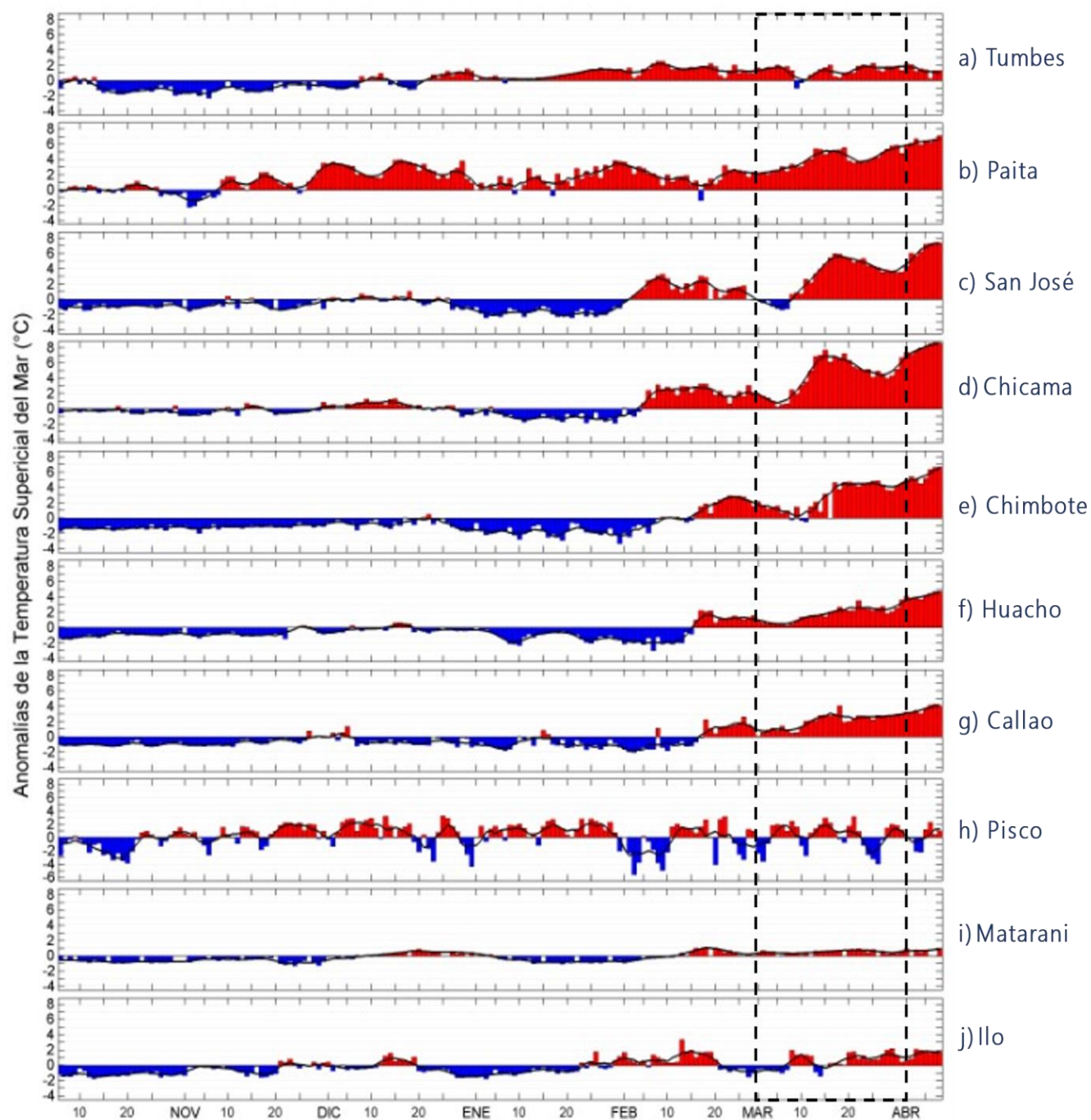


Figura 15. Variación del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) en los muelles costeros que administra el IMARPE en el litoral peruano durante el último semestre: a) Tumbes, b) Paita, c) San José, d) Chicama, e) Chimbote, f) Huacho, g) Callao, h) Pisco, i) Matarani y j) Ilo. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal (5 días). La serie de color negro es la media móvil de 5 días.

Datos: LHFM/DGIOCC y sedes descentralizadas del IMARPE en el litoral.

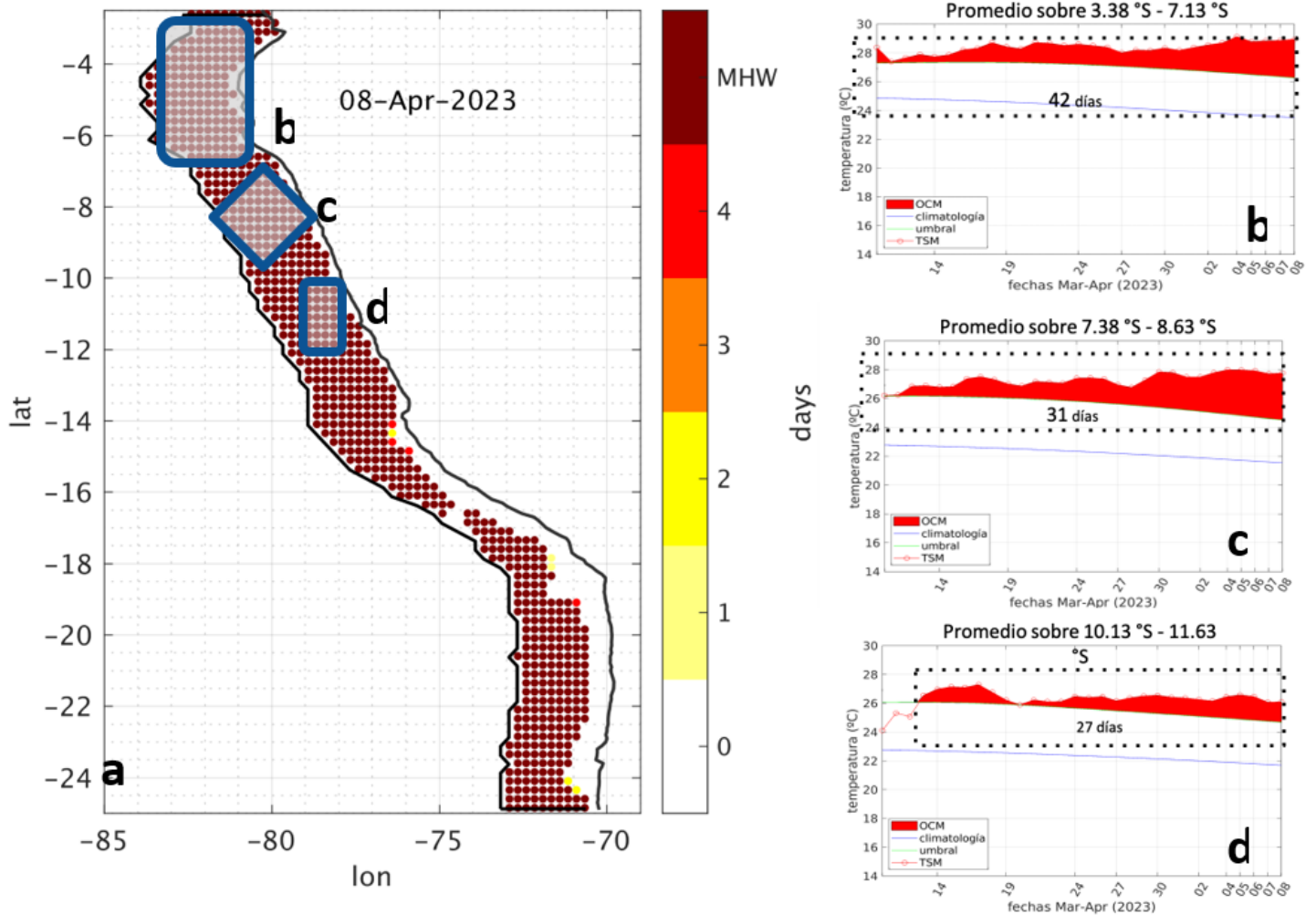


Figura 16. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 8 de abril 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). Serie de tiempo de la TSM relacionada a la climatología y al percentil 90 en las áreas seleccionadas norte (b), Chicama (c) y Huacho (d) de la OCM. Fuente: OISST 2.1; Fuente: OISST 2.1; Procesamiento: IMARPE.

Las anomalías del nivel del mar (ANM) en la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana durante marzo y abril se incrementaron paulatinamente, intensificándose a partir de la segunda quincena de marzo desde Pisco hacia el norte, alcanzando valores de +28,7 cm (Chicama) y +28,4 cm (Tumbes) en abril, registrándose durante abril los valores máximos del último año, asociado al efecto acoplado de la onda Kelvin cálida y el debilitamiento de los vientos (Figura 17a). Las ANM filtradas también muestran con mayor detalle el paso de la onda Kelvin cálida frente a la costa peruana (Figura 17b).

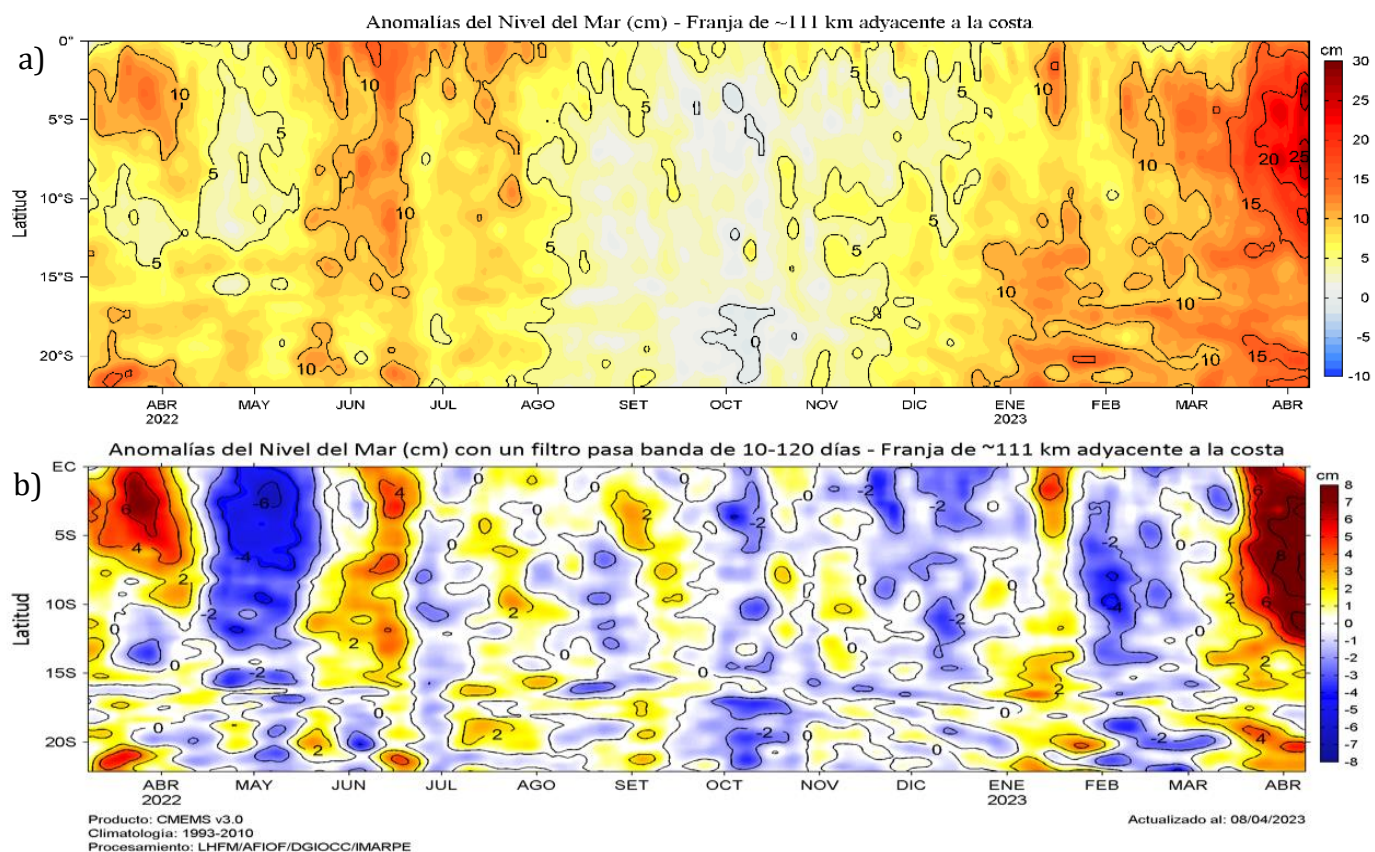


Figura 17. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses, al 8 de abril 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

Respecto a la temperatura subsuperficial, en las tres primeras semanas de marzo dentro de las 100 mn, entre Punta La Negra y San Juan de Marcona, se observaron anomalías de hasta +4 °C sobre los 40 m de profundidad; mientras que, por debajo, hasta los 100 m, predominaron ligeras anomalías negativas entre -1 °C y -0,5 °C. Entre los 200 y 400 m se observaron ligeras anomalías positivas entre +0,5 a +1 °C (Figura 19). Entre el 06 y 24 de marzo, la base de la termoclina se profundizó de 110 a 140 m en la zona costera frente a Chicama; las anomalías positivas máximas aumentaron de +3 a +6 °C sobre los 50 m; y de +0,5 a +2 °C en la capa de 300 a 400 m (Figura 19 y Figura 20).

Entre la primera y segunda quincena de marzo, frente a Negritos y dentro de las 80 mn, en la capa superior se observó un incremento de las anomalías térmicas tanto en magnitud (de +2 °C a +6 °C) como en espesor (de ~40 m a ~100 m de profundidad), asociada a una profundización de la base de la termoclina de 70 a 170 m cerca de la costa. Asimismo, entre los 200 y 450 m de profundidad se observó una expansión vertical del núcleo de anomalía superior a +1 °C. En lo que va del mes de abril, se mantienen las anomalías positivas sobre los 100 m de profundidad, destacando un núcleo con anomalías de hasta +7 °C sobre los 40 m de profundidad (Figura 23).

A fines de marzo, frente a Paita dentro de las 200 mn, se observaron anomalías de hasta +8 °C; además, la capa superior con anomalías cálidas se profundizó hasta los 100 m y también se incrementó el espesor de la capa subsuperficial con anomalías cálidas, ocupando la capa de 250 a 500 m (Figura 20 y Figura 22). Asimismo, por fuera de las 100 mn de Paita se presentó una profundización de la base de la termoclina de 60 a 110 m, mientras que, en la zona costera la base de la termoclina alcanzó los 220 m de profundidad en los últimos días del mes de marzo, 80 m más profunda que a fines de febrero (Figura 21). En lo que va del mes de abril, por fuera de las 100 mn frente a Paita, se continuó observando a la base de la termoclina a 110 m de profundidad, así como anomalías positivas de hasta +8 °C sobre los 100 m de profundidad. (Figura 22).

En la capa sub-superficial, alrededor de las 100 millas entre marzo y los primeros días de abril, las anomalías de temperatura mostraron valores promedio hasta de +8 °C y +3 °C sobre los 70 m y 30 m de profundidad para la costa norte y centro, respectivamente. Los mayores valores de temperatura y anomalías térmicas se presentaron frente a la costa norte, desarrollándose el mayor calentamiento para los primeros días de abril. Por debajo de esta capa frente a la cota centro, se observaron anomalías negativas de alrededor -1 °C entre los 40 m y 90 m de profundidad, en promedio (Figura 18).

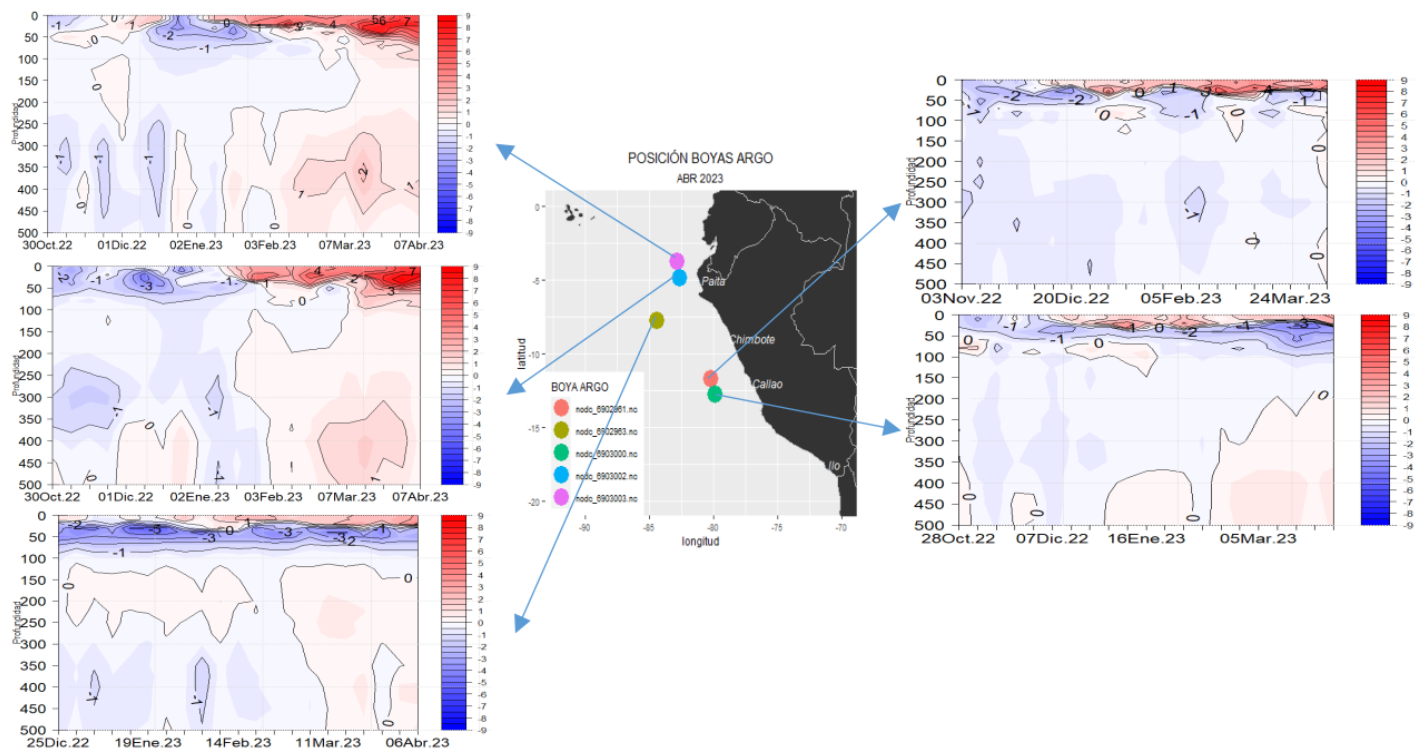


Figura 18. Secciones de anomalías de temperatura del mar de noviembre de 2022 a abril de 2023 hasta los 500 m de profundidad.
Fuente: ARGO. Procesamiento: DIHIDRONAV.

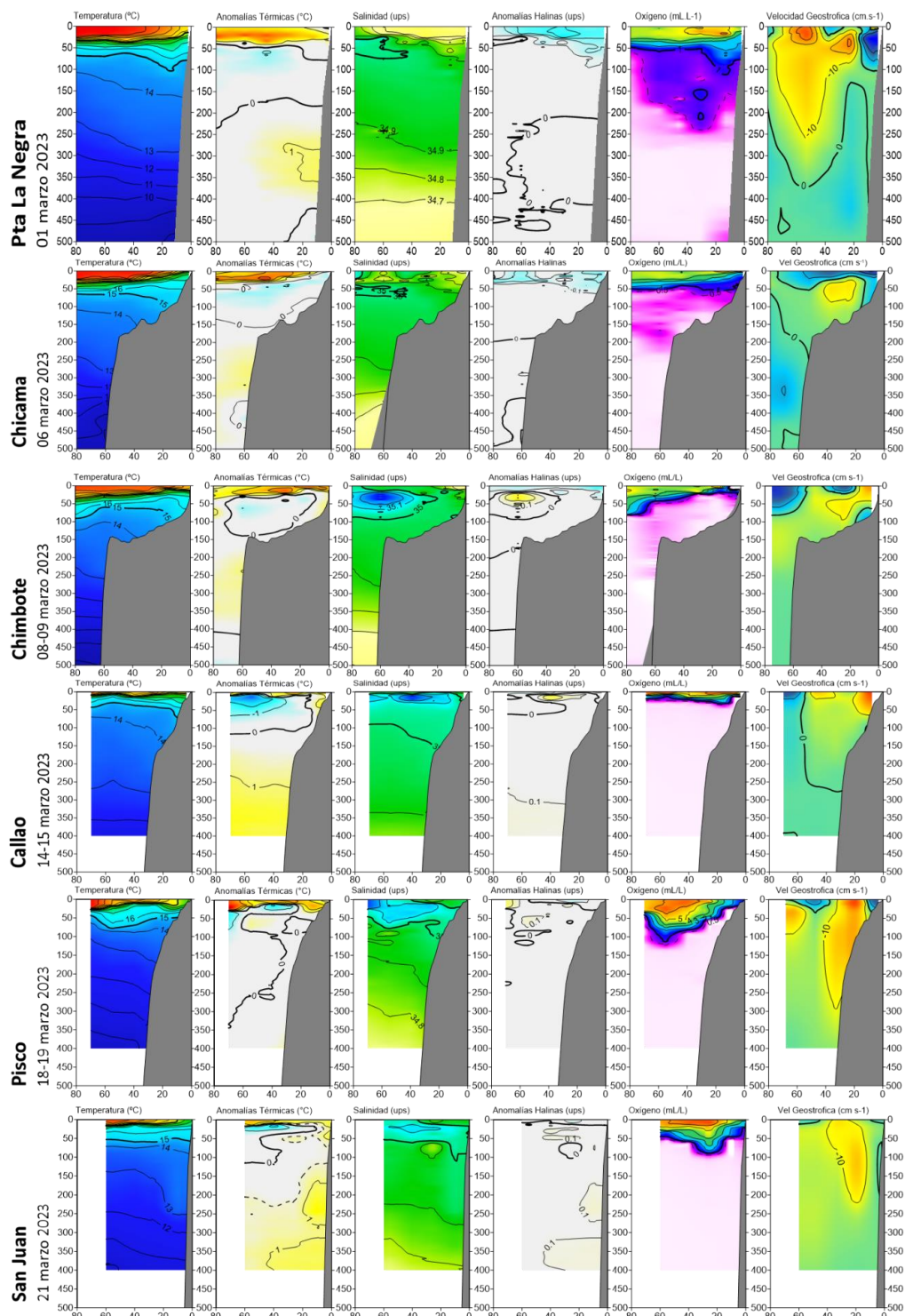
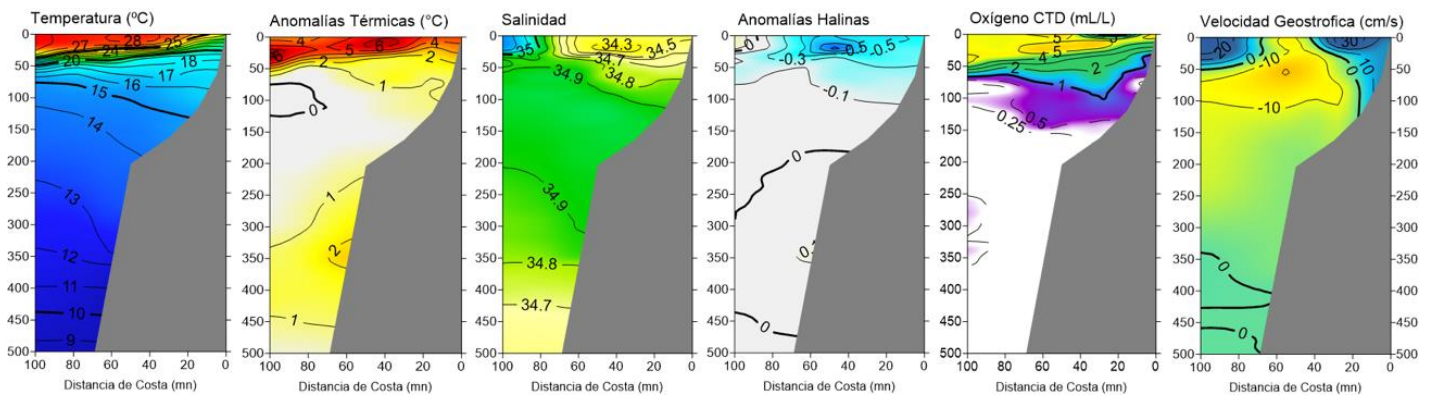


Figura 19. a) Secciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD (mL L^{-1}) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (6 marzo), b) Chimbote (08-09 marzo), c) Callao (14-15 marzo), d) Pisco (18-19 marzo), y e) San Juan (21 marzo). Registrado durante el Cr. evaluación hidro acústica de recursos pelágicos 2302-03.

Fuente y procesamiento: IMARPE

SECCIÓN CHICAMA (23-24 marzo del 2023)



SECCIÓN PAITA (26-27 de marzo del 2023)

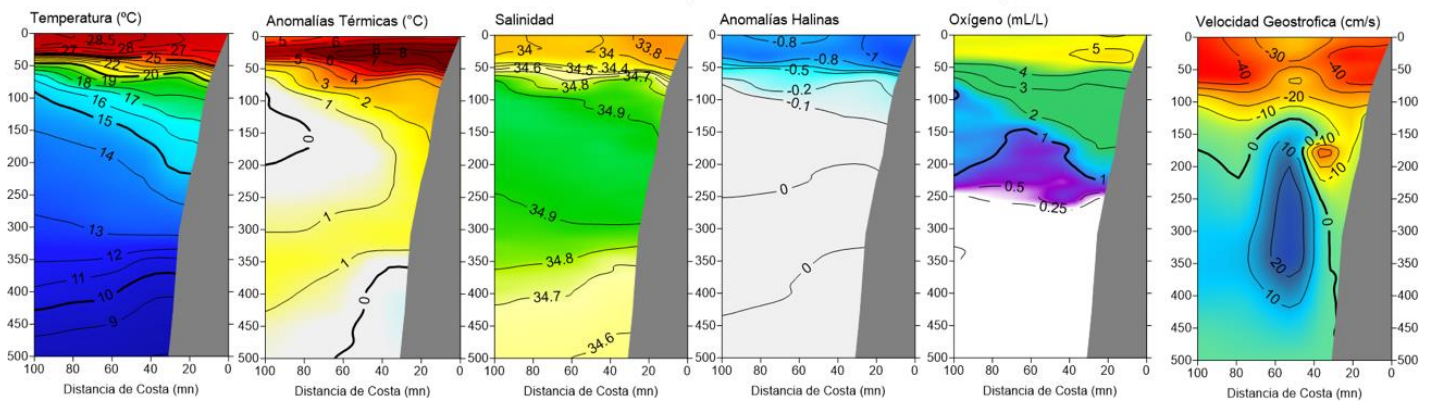


Figura 20. Secciones de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (23-24 marzo) y e) Paita (26-27 marzo). Registrado durante el Cr. evaluación hidro acústica de recursos pelágicos 2302-03

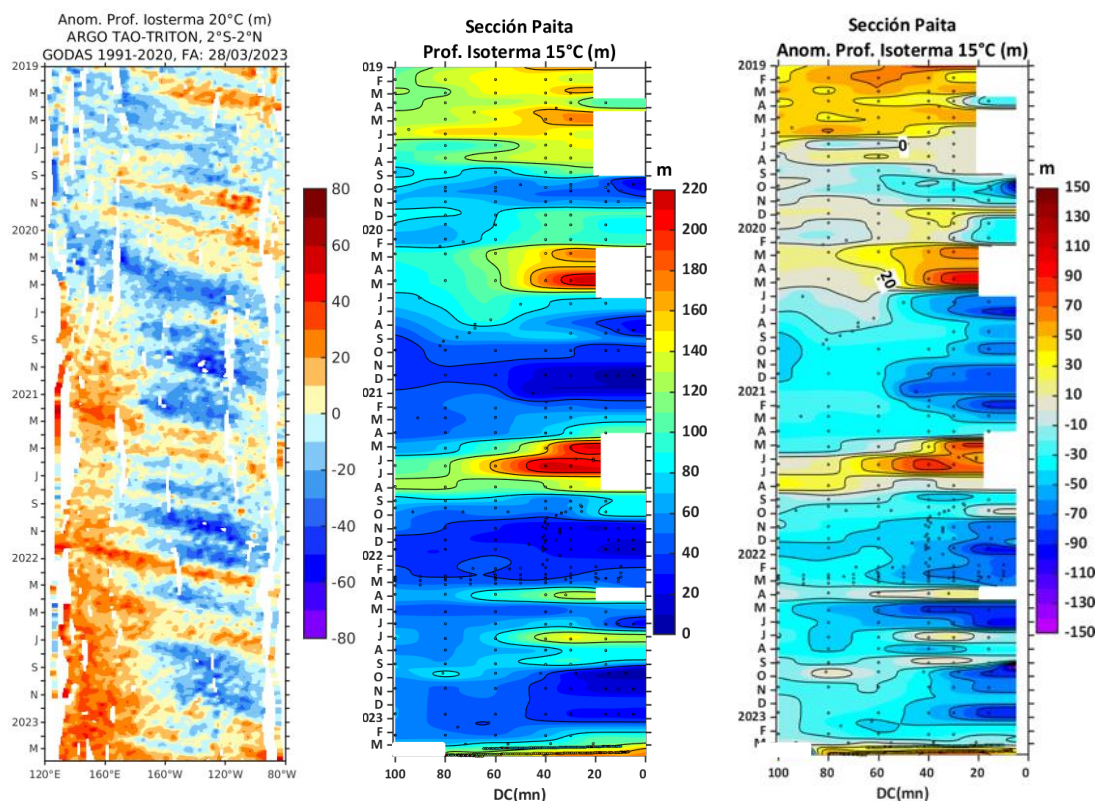


Figura 21. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Tritón) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L-1, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE

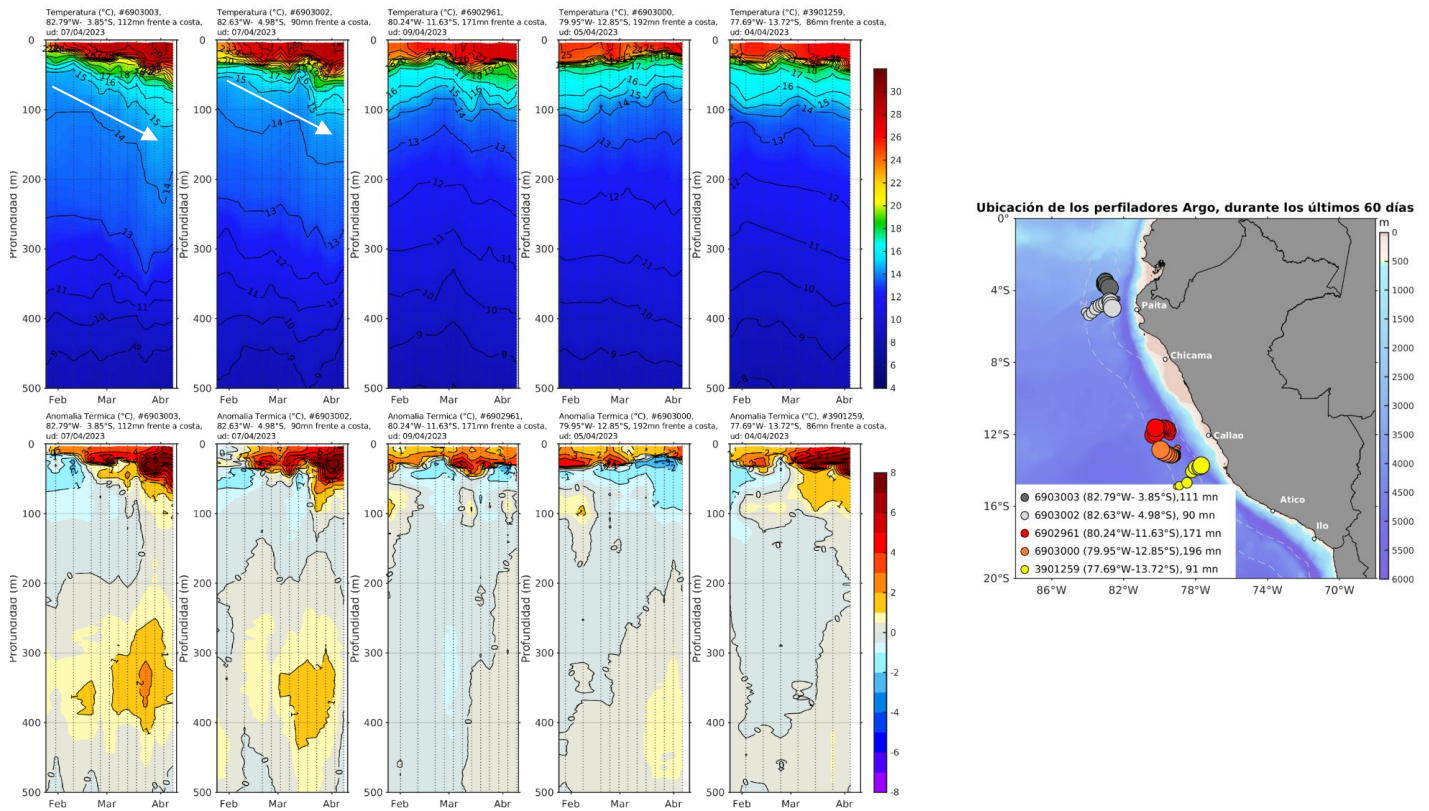
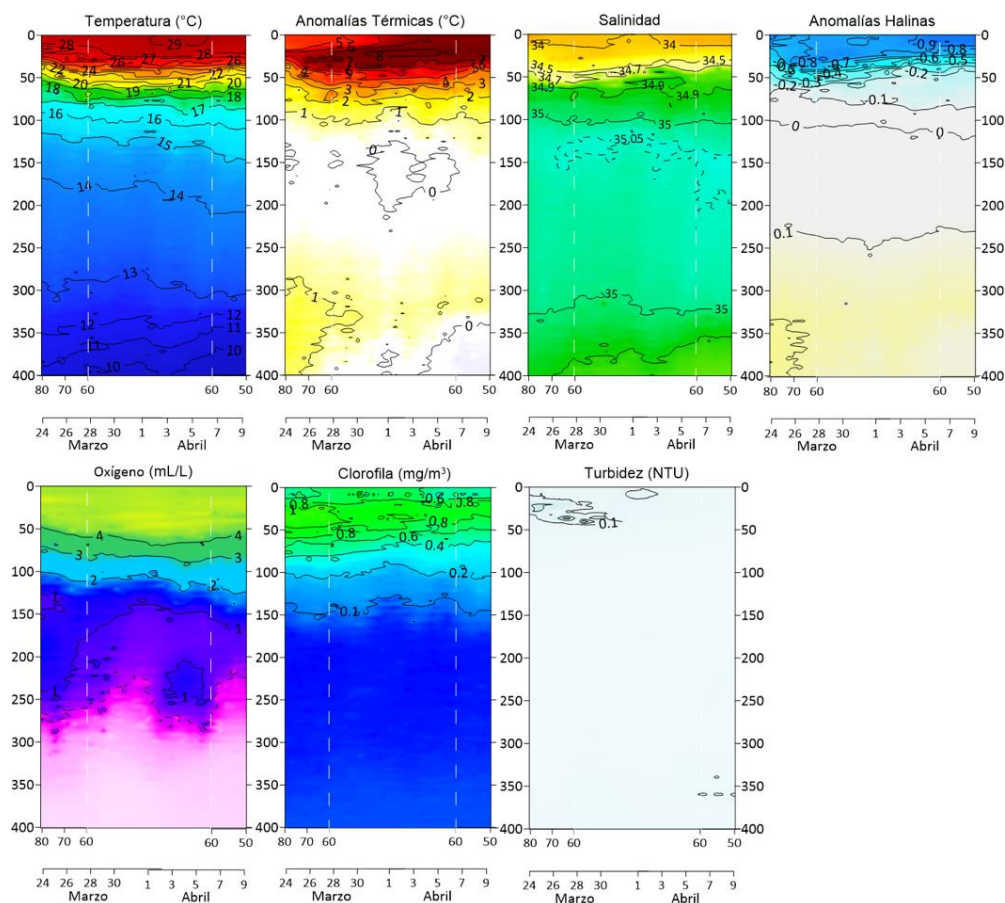


Figura 22. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 150 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023 donde brindó información el flotador ARGO.

Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Paita (~100 mn de la costa) desde fines de marzo hasta lo que va de abril, según información insitu y al sur de Punta Falsa según sugiere el modelo MERCATOR, sin embargo, esta estaría mezclada con la descarga de aguas continental debido a las fuertes lluvias durante marzo y abril. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se habrían aproximado hasta Chicama (~70 mn de la costa), manteniéndose hasta la fecha según MERCATOR. Hacia el sur, predominaron aguas costeras frías (ACF) con lenguas de baja salinidad adyacente a la costa central, asociados a la descarga de los ríos. En la zona oceánica se observaron a las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con una mayor aproximación hacia la costa entre Callao-Pisco durante abril (Figura 24 y Figura 25).

GLIDER CHIMU
(01 abril al 08 abril del 2023)



GLIDER CHIMU 27/03 – 09/04/2022

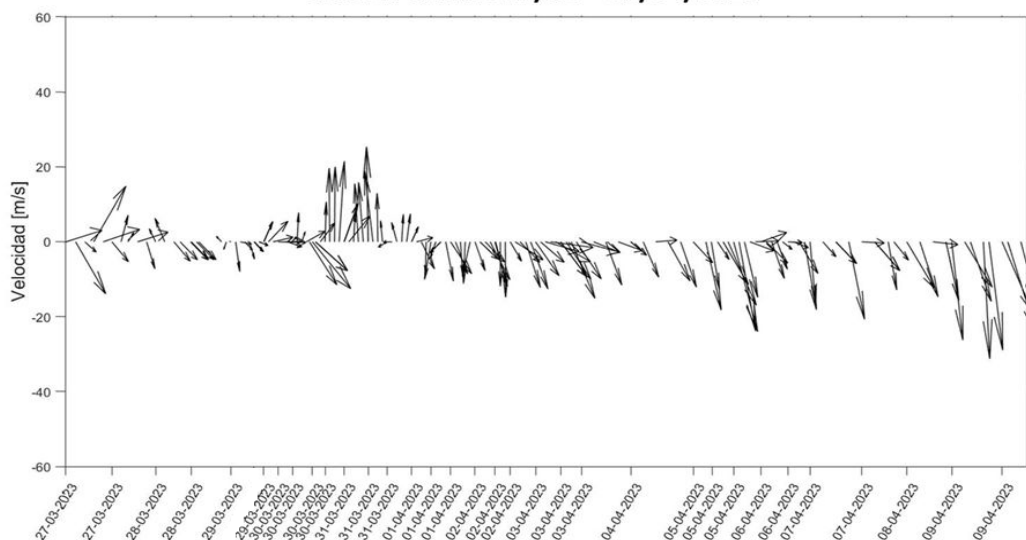


Figura 23. Sección vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L^{-1}), clorofila (mg m^{-3}) y turbidez (NTU) (24 de marzo al 9 de abril); y Corrientes integradas, registrados del 27 de marzo al 9 de abril (glider Chimú) frente a Negritos – Talara.

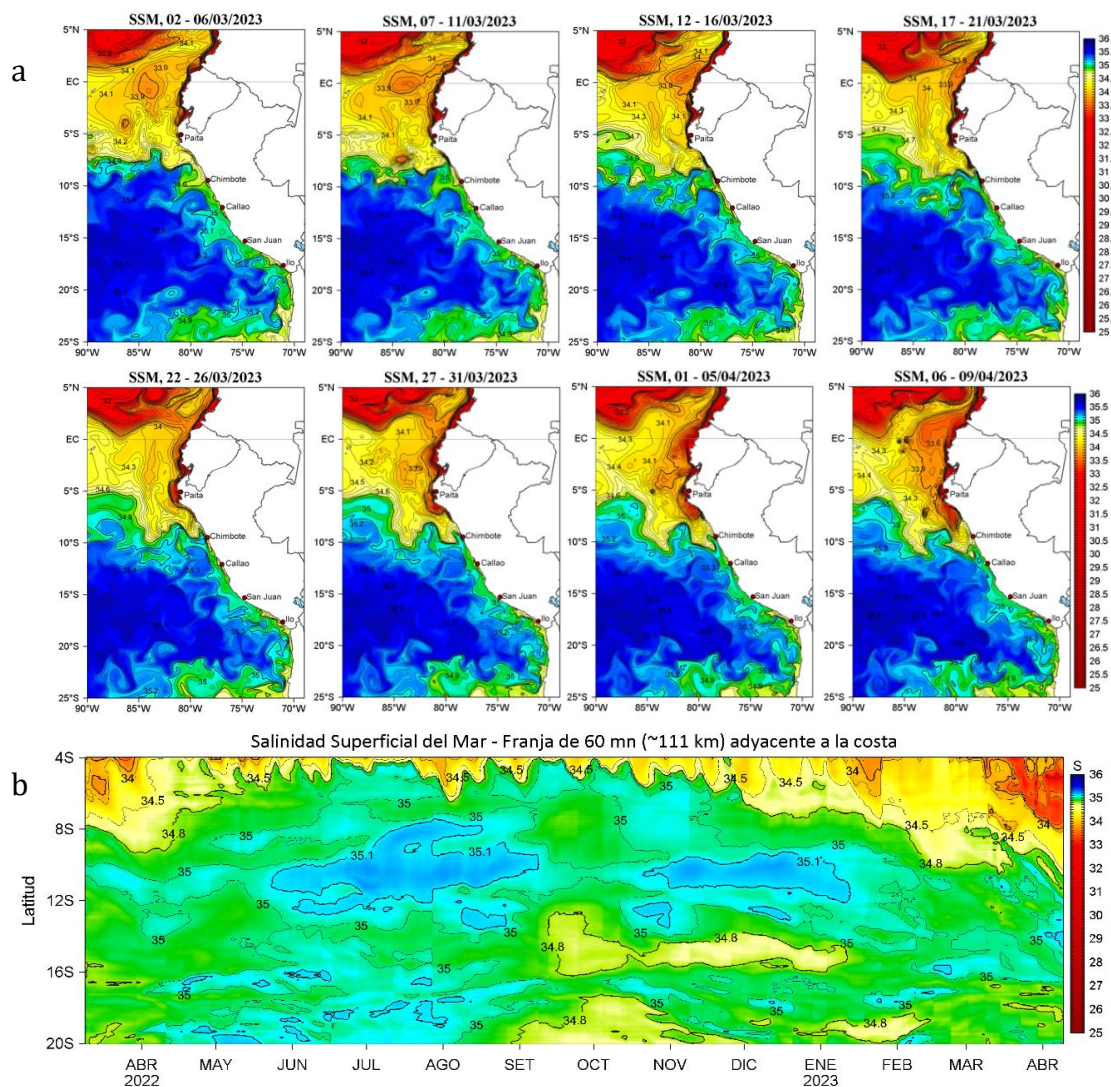


Figura 24. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 9 de abril de 2023.

Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE

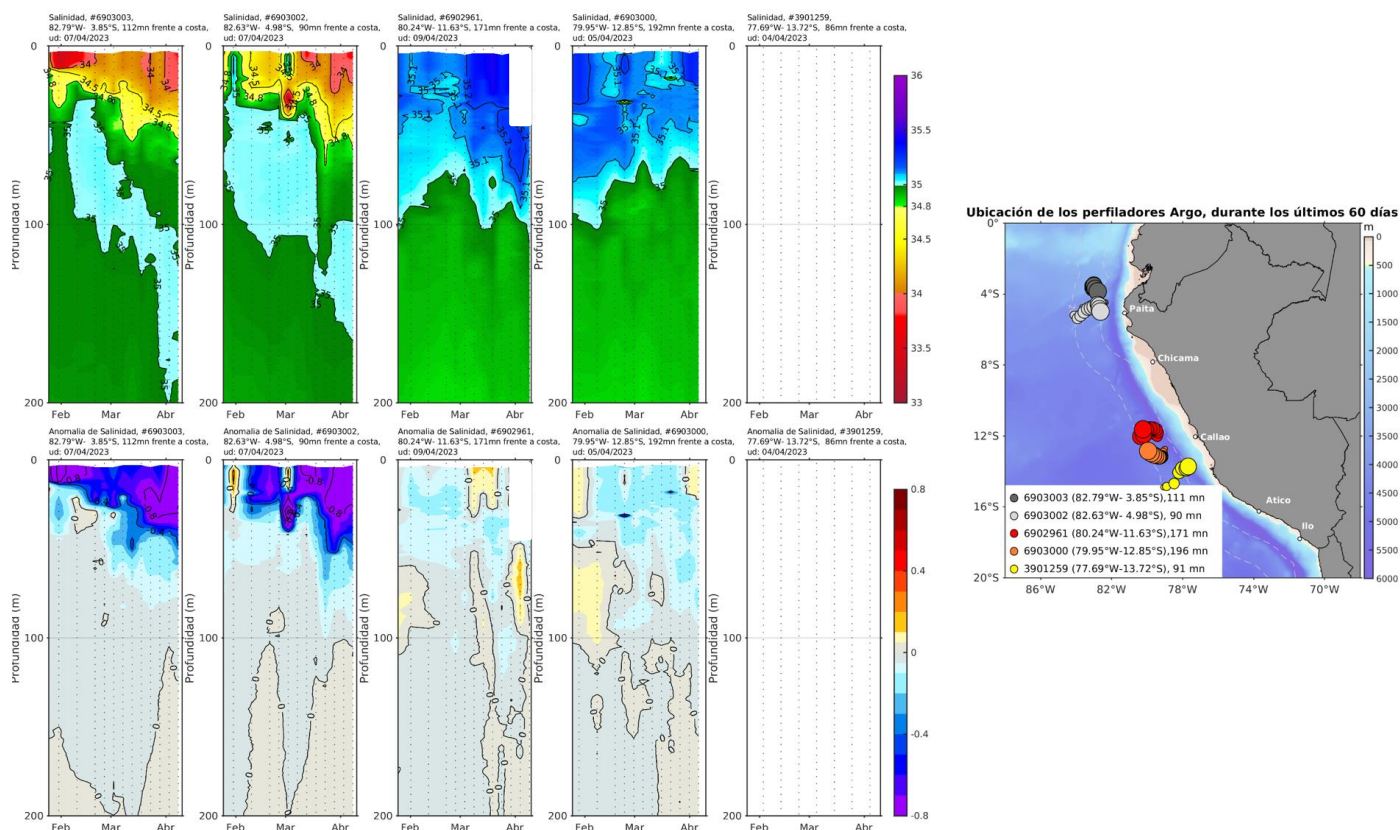


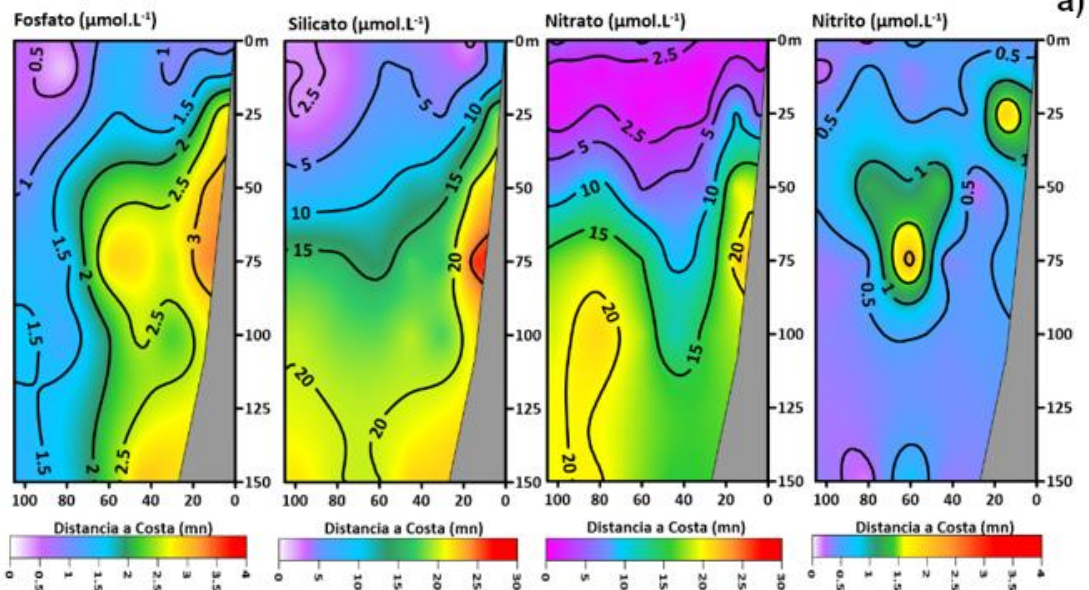
Figura 25. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023, donde brindó información el flotador ARGO.

Fuente: ARGO. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), hacia finales de marzo, se observaron concentraciones de OD entre 1,0 a 5,0 mL L⁻¹ en la capa de los 50 m y 150 m frente a Chicama y Paita respectivamente, asociado a la presencia de aguas cálidas, en ambas zonas, en tanto que el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) se ubicó entre los 60 y 140 m de profundidad frente a Chicama y entre los 240 y 260 m de profundidad frente a Paita (Figura 20).

Respecto a los nutrientes, durante marzo, en las secciones de Paita y Chicama, predominaron nutrientes típicos de aguas cálidas sobre la capa de los 50 y 25 m, respectivamente, presentando en ambos casos concentraciones de fosfatos de 0,5 a 1,5 µmol L⁻¹ y silicatos – nitratos de 2,5 a 5,0 µmol L⁻¹ (Figura 26).

Distribución Vertical de Nutrientes Sección Chicama (23-24 marzo 2023)



Distribución Vertical de Nutrientes en la Sección Paita (26 - 27 marzo 2023)

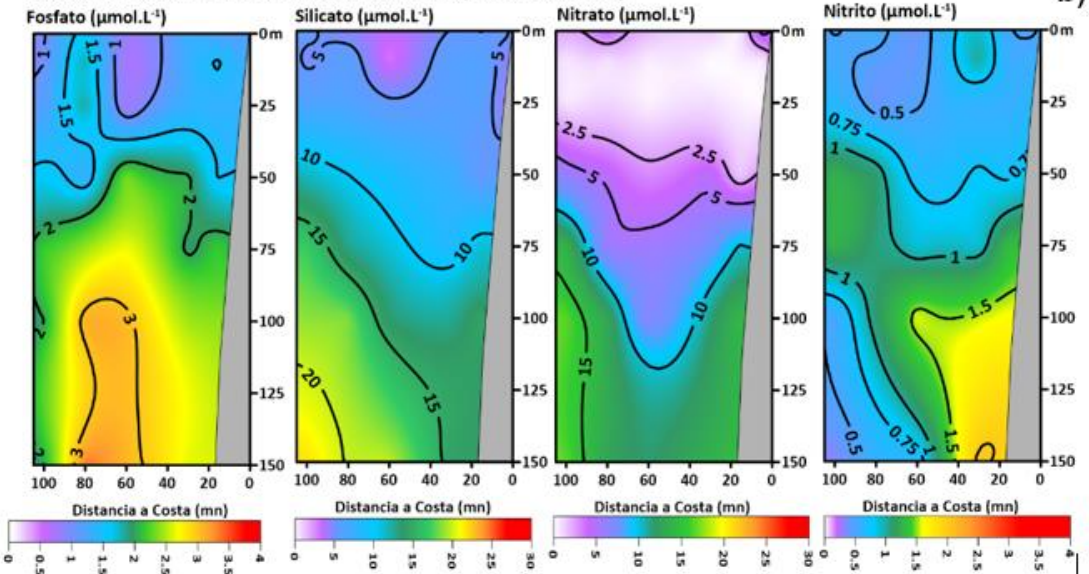


Figura 26. Distribución vertical de nutrientes en la sección Paita (26-27 marzo 2023) y Chicama (23-24 de marzo 2023)

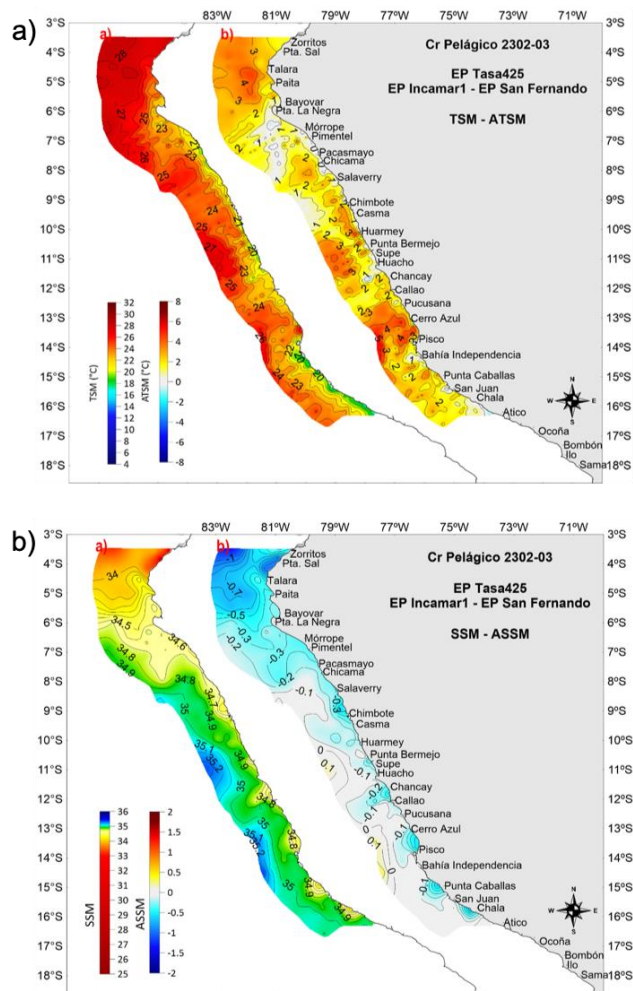


Figura 27. a) TSM (°C) y ATSM (°C), b) SSM y ASSM registrada por el Crucero Pelágico 2302-03 (EP Tasa425 – EP Incamar1) del 21-02-2023 al 23-03-2023.

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, en marzo presentó concentraciones entre 1 a 3 $\mu\text{g L}^{-1}$; mientras que en lo que va de abril ha presentado una disminución, predominando valores de 1 $\mu\text{g L}^{-1}$, los cuales han estado replegados a la costa, dentro de las 10 mn entre Paita a Pisco, y se han extendido hasta las 30 a 60 mn al sur de Pisco. Esta baja productividad ha estado asociada a anomalías negativas menores a -1 $\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de toda la costa, las cuales se han intensificado en lo que va de abril, principalmente entre Callao y Pisco (Figura 28). Cabe indicar que estas condiciones de baja productividad vienen predominando desde setiembre del 2022 a la fecha (Figura 37). La baja productividad en las últimas semanas estaría asociada al paso de una onda Kelvin cálida durante la segunda semana de marzo, así como, a un decaimiento del bombeo de Ekman el cual habría producido una disminución en el afloramiento de los nutrientes en subsuperficie.

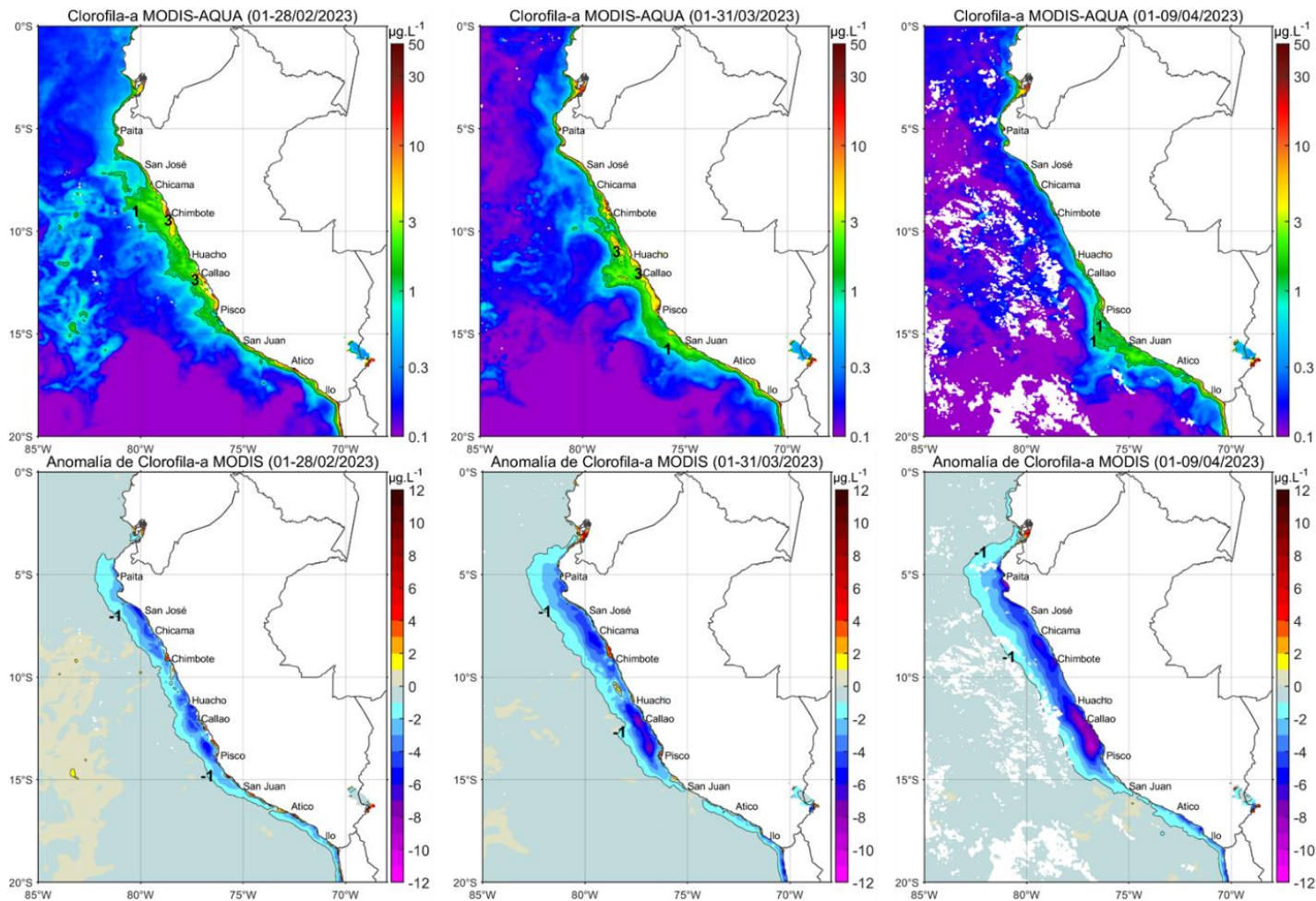


Figura 28. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante febrero, marzo y lo que va de abril de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA.

Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

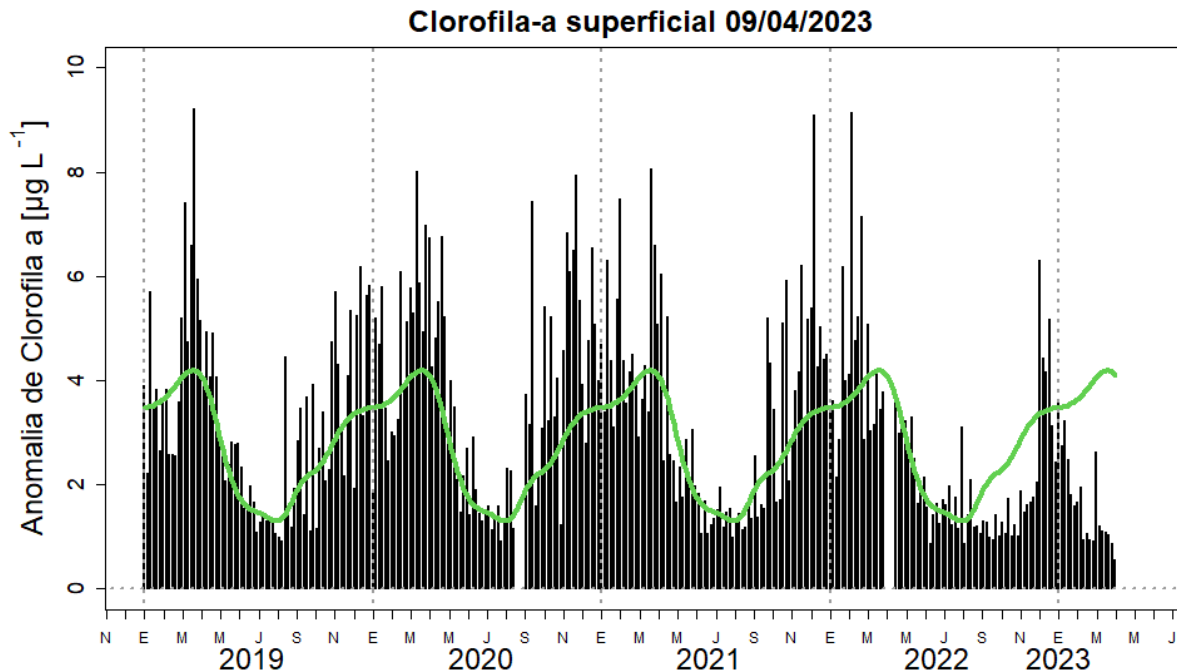


Figura 29. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Durante el mes de marzo la actividad extractiva de anchoveta fue mediante la flota de cerco artesanal y de menor escala, en la región Piura e Ica. En Piura, se localizó frente a Paíta y en la bahía de Sechura, mientras que en Ica se registró entre Pisco e isla San Gayán. A partir de la última semana de marzo se evidenció el incremento de los desembarques de especies asociadas a eventos cálidos, como la samasa (Figura 31).

Especies transzonales como jurel, caballa y bonito, continuaron presentando una mayor disponibilidad, asociado a las aguas de mezcla (ACF y ASS). Por otro lado, especies oceánicas, como el barrilete y atún aleta amarilla, registraron mayores desembarques principalmente en el norte del litoral (Figura 30).

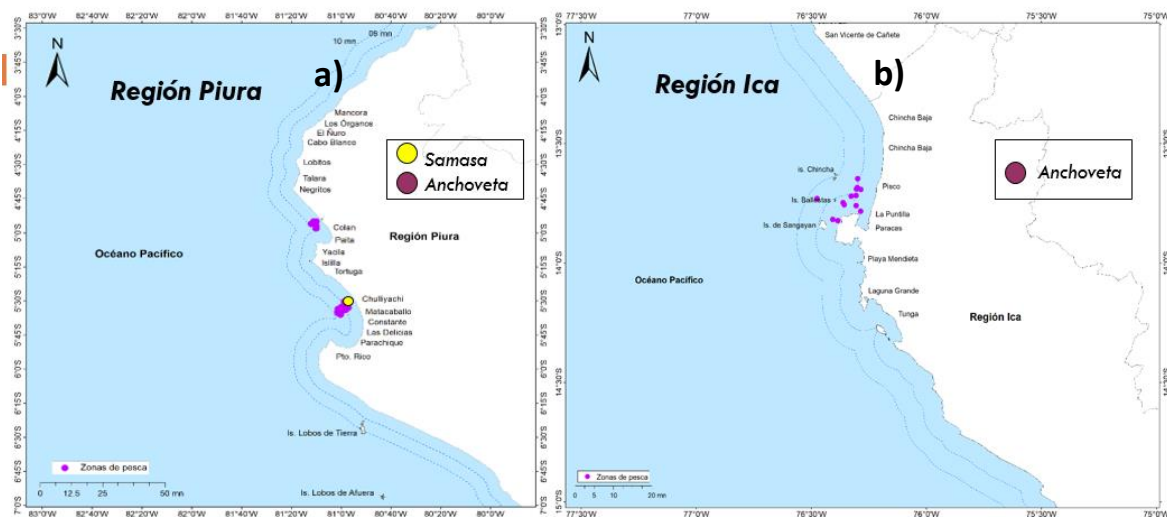


Figura 30. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito. Periodo: marzo del 2023

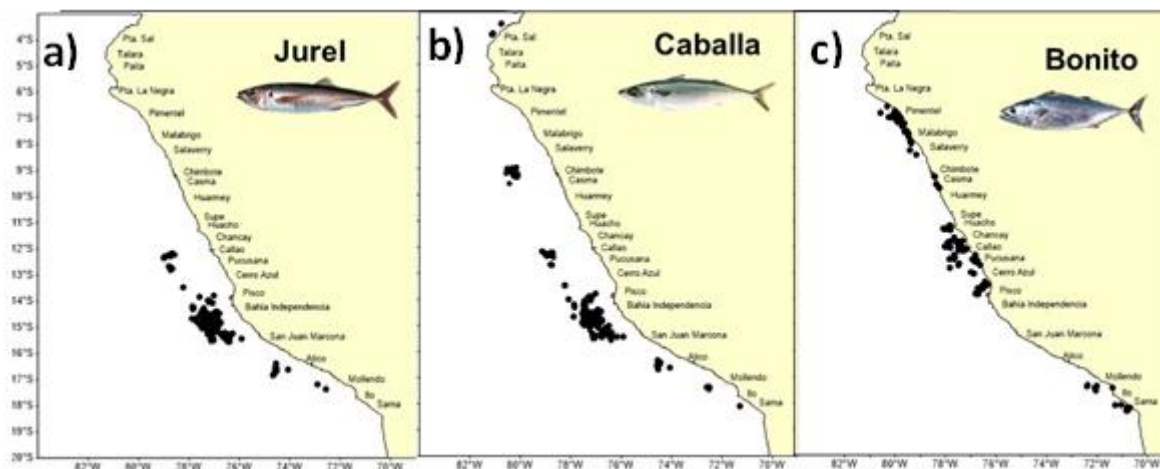


Figura 31. Distribución espacial de lances de anchoveta y samasa proveniente de la flota de cerco artesanal y menor escala, en: a) región Piura y b) región Ica. Marzo del 2023.

Recursos demersales y litorales

Durante la segunda quincena de marzo, para el recurso merluza, se mantuvo cerrada el área de pesca entre el extremo norte y los 4° S, distribuyéndose la actividad de la flota industrial arrastrera en el área comprendida entre Punta sal y Punta La Negra. Durante ese periodo, la población presentó un núcleo de concentración frente a al Puerto de Paita, en donde se estimaron los mayores valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (Figura 32). En escala temporal, la CPUE correspondiente al mes de marzo presentó menores valores que los meses anteriores (Figura 33), motivo por el cual la actividad pesquera se detuvo en la primera semana de abril. Del 01 al 30 de

marzo del 2023, la estructura de tallas total del recurso merluza fue similar a la del mes pasado, con un rango entre 17 y 65 cm de longitud total (LT), y moda principal en 31 cm LT. En términos latitudinales, se observó un ligero incremento de la presencia de individuos de tallas mayores (35-45cm) entre los 4°S y 6°S (Figura 34).

El calamar gigante, calamar común y concha de abanico mostraron disminución de sus desembarques, a diferencia del recurso pulpo que incrementó respecto al mes precedente (Figura 35). El calamar gigante estuvo distribuido entre Punta Sal y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte (Figura 36).

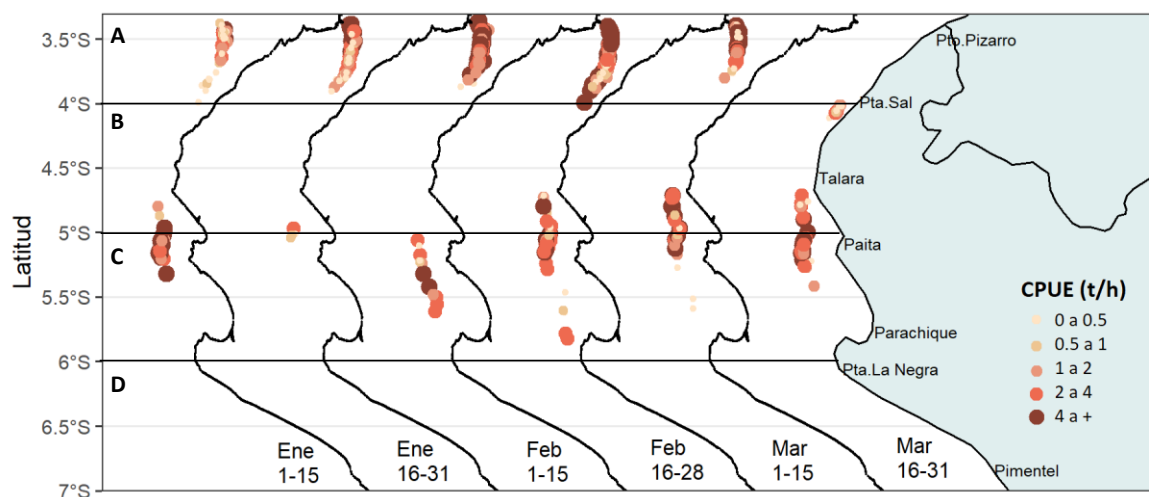


Figura 32. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t h⁻¹) por lance de pesca entre los meses de enero y marzo (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

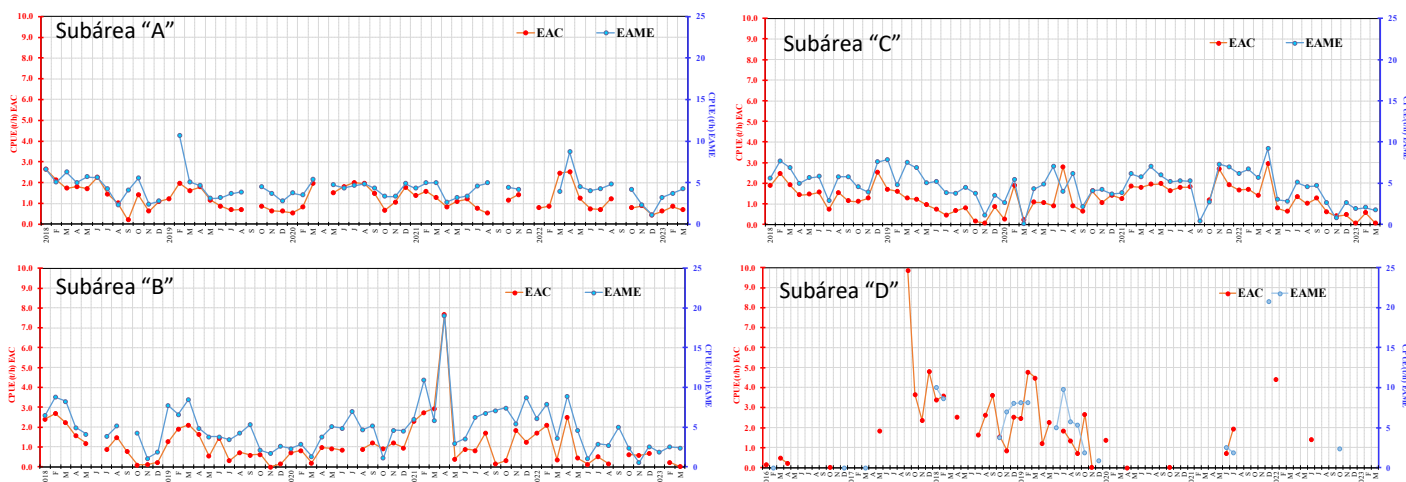


Figura 33. CPUE mensual (h-1) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

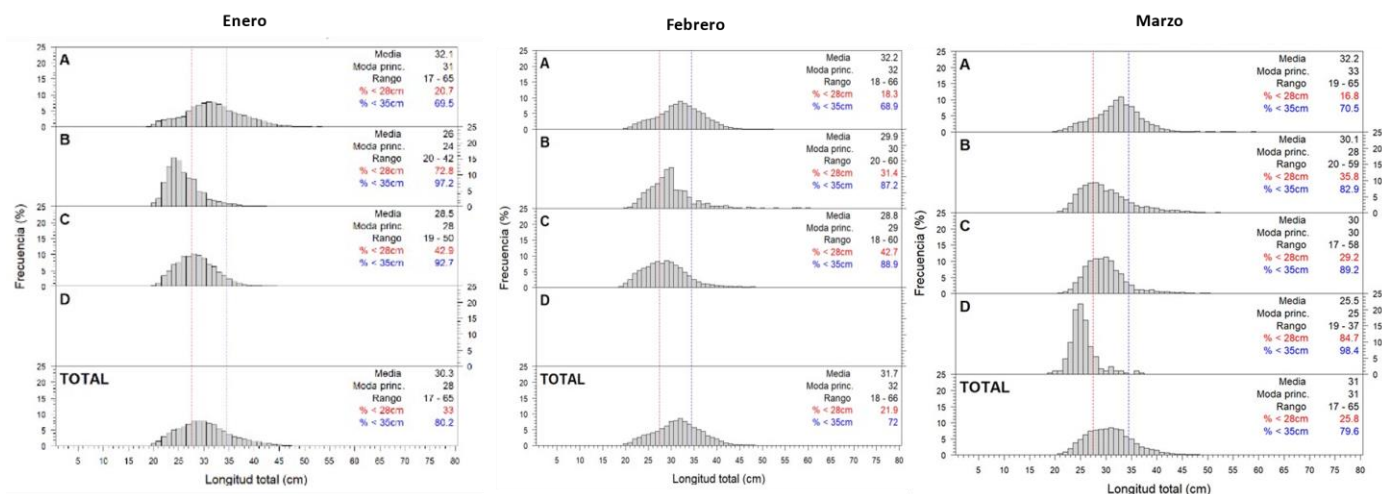


Figura 34. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero y marzo 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

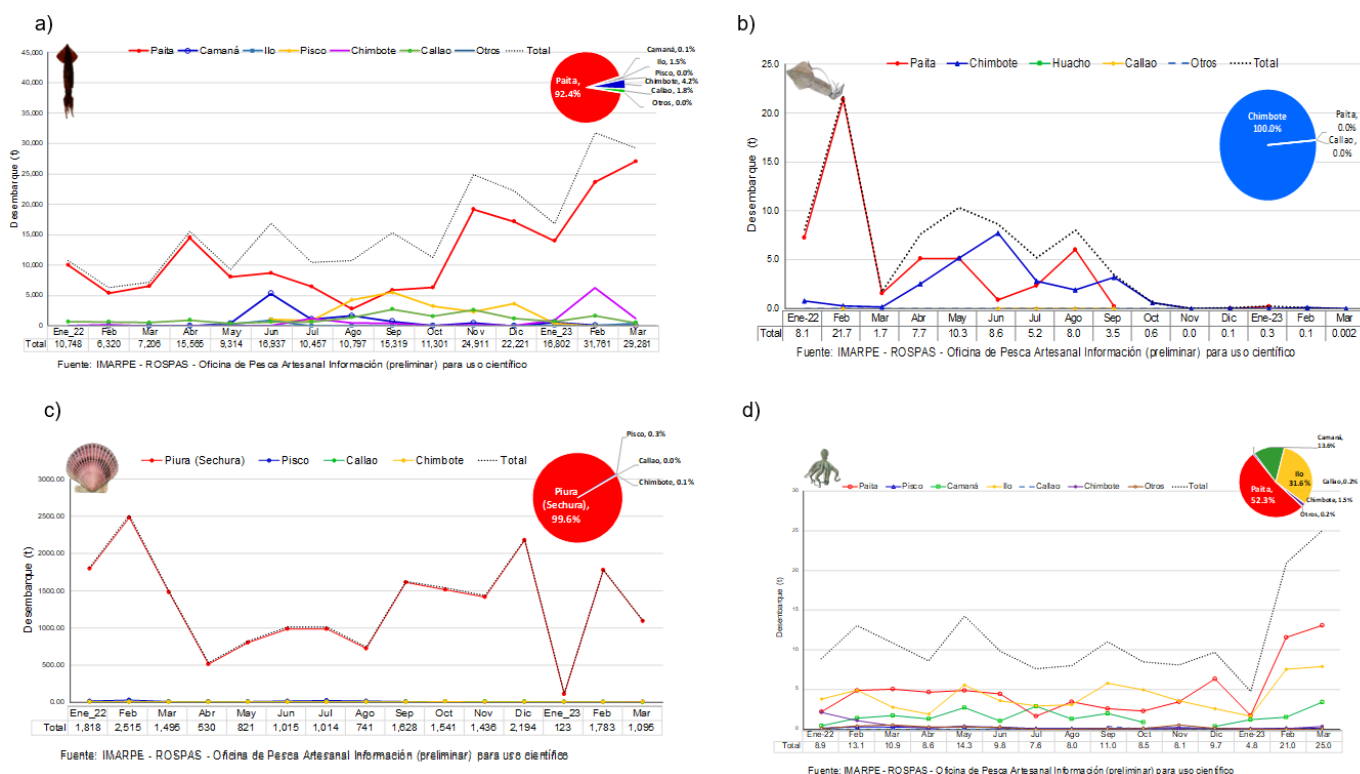


Figura 35. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (c) pulpo *Octopus mimus* (d), durante 2022-2023.

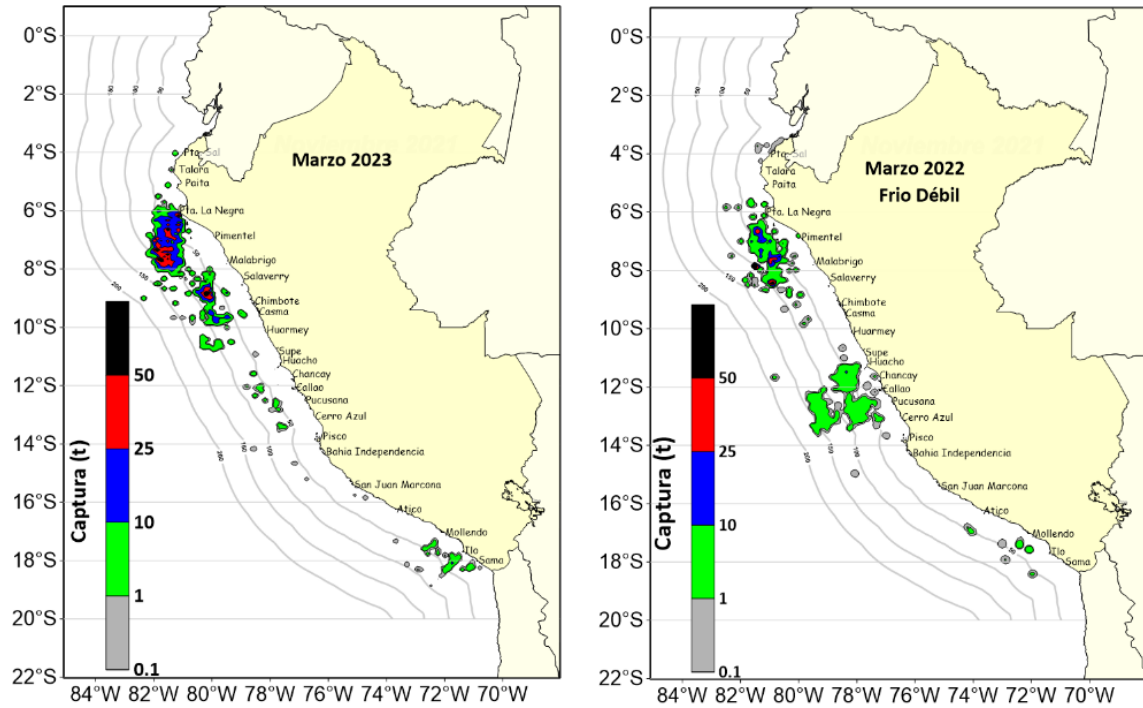


Figura 36. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, marzo 2023.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el periodo de todo el mes de marzo 2023 y de los primeros diez (10) días del mes abril, para los ríos de la costa norte y centro del país se presentaron caudales sobre lo normal de forma muy considerables, en todo el tiempo de análisis, principalmente en los ríos desde Tumbes a el río Santa, en los ríos del pacifico centro (de Pativilca al río Ica) predominan caudales normales, pero entre los días 10 al 22 de marzo se presentaron caudales sobre lo normal de forma muy notoria, mientras que en los ríos de la costa sur (de Ocoña a Caplina) varían con caudales de por debajo de lo normal a valores normales, pero entre los días del 24 de marzo al 6 de abril presentaron caudales sobre lo normal con valores significativa, a acepción de Locumba y Caplina. Por otro lado, los caudales de los ríos de Apurímac, Urubamba y los ríos de la vertiente del Titicaca en la mayoría de los ríos continúan por debajo de lo normal, pero el río Apurímac y Urubamba en el mes de abril vienen presentando valores dentro de lo normal, con una tendencia a la normalización, mientras que los ríos del Titicaca picos de avenidas puntuales, en los días del mes de abril (Tabla 4).

Los principales embalses del país, al 10/04/2023 se encuentran almacenando agua a un 75.53 % de la capacidad hidráulica nacional, e la capacidad nacional, de otro lado, la mayoría de los reservorios empiezan a aumentar sus volúmenes, pero sobre todo en el norte del País, cabe mencionar que las represas de San Lorenzo, Gallito Ciego y Jarumas se encuentran al 100 % de su capacidad, mientras que los embalses de Viconga, Choclococha , Ccaracocha, Paucarari, lago Junin y Sibinicocha aún se encuentra por muy debajo de sus valores mínimos históricos (Tabla 5).

Tabla 4. Caudales de los principales ríos del país marzo - abril 2023

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)								Promedio (m3/s)	Anomalía (%)
		Mar-23						Abr-23			
Pacífico Norte	Tumbes	148.3	572.3	457.3	287.0	183.0	381.9	492.7	529.0	381.4	51.9
	Chira	85.6	843.6	781.4	294.8	428.7	577.5	568.3	879.1	557.4	204.7
	Motupe	2.2	13.3	23.0	8.2	5.6	3.5	4.2	7.4	8.4	403.3
	La Leche	10.0	71.2	82.0	32.1	15.2	18.9	40.0	61.9	41.4	245.5
	Chancay Lambayeque	46.5	214.3	241.4	41.8	44.0	92.0	114.2	131.2	115.7	85.1
	Zaña	14.6	107.9	228.5	33.7	18.2	42.8	47.8	68.5	70.2	482.4
	Jequetepeque	52.1	218.8	278.9	107.7	68.1	80.9	113.0	128.0	130.9	58.5
	Chicama	39.3	139.4	254.3	95.1	63.9	55.1	75.7	s/d	103.3	18.5
	Santa	332.9	539.6	1128.7	663.8	381.4	406.4	396.1	419.6	533.6	84.7
Pacífico Centro	Pativilca	72.4	67.4	103.2	114.5	88.1	74.7	48.9	44.3	76.7	-6.4
	Huaral	23.0	22.2	81.9	69.7	33.2	22.4	20.1	18.9	36.4	10.6
	Chillon	7.3	8.4	17.0	17.7	10.7	7.5	6.2	5.8	10.1	-8.1
	Rímac	39.9	37.4	66.6	69.1	41.6	33.3	32.5	33.7	44.2	-23.6
	Mala	31.2	42.6	67.0	92.6	53.8	51.5	41.6	34.5	51.9	26.5
	Cañete	101.0	134.4	179.0	243.6	115.0	113.5	90.0	54.8	128.9	10.7
	Pisco	66.3	86.7	172.8	157.2	71.9	80.2	76.4	45.3	94.6	49.1
Pacífico Sur	Ica	18.5	50.3	88.1	84.5	36.1	46.9	65.4	26.2	52.0	147.3
	Ocoña	97.9	147.8	238.8	143.1	136.0	438.8	319.8	132.7	206.9	-3.4
	Huatiapa	47.9	52.5	119.3	94.1	137.2	288.1	206.0	80.8	128.3	-21.7
	Tambo	17.0	16.1	23.2	26.6	56.1	116.6	89.8	53.5	49.9	-13.5
	Locumba	1.7	1.8	1.8	1.9	2.2	2.3	1.9	1.4	1.9	-35.46
	Sama	1.2	1.3	2.0	2.0	9.1	10.3	s/d	s/d	4.3	34.2
	Caplina	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	-35.7
Titicaca	Huancane	5.3	4.0	4.2	5.1	13.6	11.8	10.4	10.3	8.1	-77.0
	Ramis	15.0	10.0	12.8	21.9	173.4	157.2	160.9	67.2	77.3	-57.9
	Coata	9.1	9.0	12.5	37.5	90.9	241.8	91.4	34.1	65.8	-6.5

Fuente: SENAMHI, Juntas de Usuarios y Proyectos Especiales

Elaborado: ANA

Tabla 5. Estado situacional de los reservorios al 11 de abril del 2023

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm3)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	10-Abr	Piura	445.50	349.60	78.47
Costa - Norte	San Lorenzo	10-Abr	Piura	195.60	196.00	100.00
Costa - Norte	Tinajones	10-Abr	Lambayeque	331.55	259.20	78.18
Costa - Norte	Gallito Ciego	10-Abr	La Libertad	366.09	366.10	100.00
Costa - Centro	Viconga	10-Abr	Lima	30.00	19.50	65.00
Costa - Centro	Sistema Rímac	23-Mar	Lima, Junín	282.35	184.98	65.51
Costa - Centro	Choclococha	10-Abr	Ica	131.10	95.20	72.62
Costa - Sur	Ccaracocha	10-Abr	Ica	40.00	24.60	61.50
Costa - Sur	Condorama	10-Abr	Arequipa	259.00	226.42	87.42
Costa - Sur	El Pañe	10-Abr	Arequipa	99.61	88.30	88.65
Costa - Sur	Dique Los Españoles	10-Abr	Arequipa	9.09	7.20	79.21
Costa - Sur	Pillones	10-Abr	Arequipa	78.50	49.80	63.44
Costa - Sur	El Frayle	10-Abr	Arequipa	127.24	99.60	78.28
Costa - Sur	Aguada Blanca	10-Abr	Arequipa	30.43	22.40	73.61
Costa - Sur	Chalhuanca	10-Abr	Arequipa	25.00	19.80	79.20
Costa - Sur	Bamputañe	10-Abr	Arequipa	40.00	22.80	57.00
Costa - Sur	Pasto Grande	10-Abr	Moquegua	200.00	163.40	81.70
Costa - Sur	Paucarani	10-Abr	Tacna	10.50	5.00	47.62
Costa - Sur	Laguna Aricota	10-Abr	Tacna	280.00	198.70	70.96
Sierra - Centro	Jarumas	10-Abr	Tacna	13.00	13.00	100.00
Sierra - Centro	Cuchoquesera	10-Abr	Ayacucho	80.00	71.50	89.38
Sierra - Sur	Lago Junin	10-Abr	Junín	441.00	213.80	48.48
Sierra - Sur	Lagunillas	10-Abr	Puno	585.13	433.00	74.00
Sierra - Sur	Sibinacocha	10-Abr	Cusco	110.00	50.50	45.91
Situación Nacional				4210.69	3180.40	75.53

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos

Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En la región Lambayeque, las lluvias intensas generaron el desborde de los ríos y quebradas como Cascajal, Motupe, La Leche y Chancay-Lambayeque, ocasionando la inundación de los sembríos de mango, palto, vid, arroz, algodón entre cultivos de la zona, además de obstaculizar la ejecución de las labores agrícolas como la cosecha, abonamiento y control fitosanitario. Asimismo, estas condiciones extremas afectaron la infraestructura hidráulica (canales y bocatomas), ocasionando la interrupción de las labores de riego en los diferentes sectores del valle de Chancay-Lambayeque. En cuanto a las condiciones térmicas de la costa norte, la prevalencia de temperaturas de normales a superiores a su promedio histórico, favorecieron el desarrollo de nuevos brotes vegetativos del mango (campaña 2023/2024) y el crecimiento de las plantaciones de arroz en macollaje y encañado, sin descartar los problemas fitosanitarios asociados. En la costa sur en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas del aire cálidas favorecieron la cosecha de la aceituna verde (Figura 37).

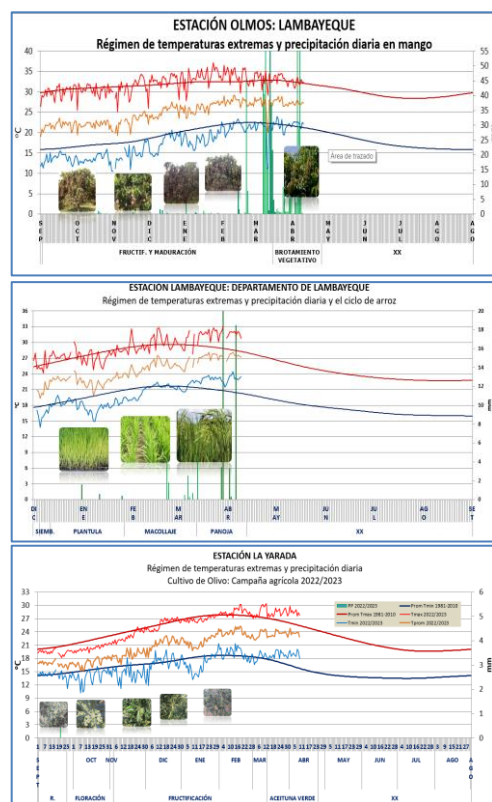


Figura 37. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023.

Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME indican, en promedio, la condición neutra para el Pacífico central (Niño 3.4) hasta el mes de mayo; entre junio y octubre se esperarían condiciones de cálidas débiles a cálidas fuertes (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	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	0.17	0.37	0.58	0.79	0.97	1.12	1.25
CanCM4i	0.02	0.25	0.59	0.92	1.11	1.17	1.16
GEM5_NEMO	-0.07	0.15	0.37	0.53	0.60	0.57	0.55
NASA	0.23	0.42	0.61	0.73	0.83	0.91	1.01
GFDL_SPEARE	0.20	0.51	0.85	1.10	1.21	1.21	1.27
NCAR_CCSM4	0.14	0.29	0.49	0.71	0.88	0.95	0.99
Promedio							
NMME	0.12	0.33	0.58	0.80	0.93	0.99	1.04

Con respecto a la región Niño 1+2, los pronósticos del ICEN muestran condiciones cálidas fuertes entre abril y setiembre; posteriormente, condiciones cálidas moderadas para los meses de octubre y noviembre (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	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	0.71	1.09	1.31	1.39	1.34	1.24	1.17
CanCM4i	0.61	1.05	1.50	1.62	1.46	1.19	0.96
GEM5_NEMO	0.95	0.92	0.69	0.46	0.38	0.41	0.36
NASA	1.27	1.82	2.22	2.28	2.05	1.71	1.43
GFDL_SPEARE	1.55	1.97	2.07	2.10	2.06	1.92	1.70
NCAR_CCSM4	0.87	1.22	1.38	1.37	1.25	1.03	0.83
Promedio							
NMME	0.99	1.35	1.53	1.54	1.42	1.25	1.08

En abril y mayo se espera la llegada a la costa peruana de una onda Kelvin cálida (modo 2), generada en el Pacífico ecuatorial occidental como producto de una reflexión de onda Rossby cálida entre enero y febrero. Entre mayo y junio, se espera la llegada de otra onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental entre marzo y abril 2023. Cabe señalar, la intensidad de las llegadas de las ondas Kelvin estarán en función de las condiciones de los vientos en la región oriental del Pacífico ecuatorial (Figura 38, Figura 39 y Figura 40).

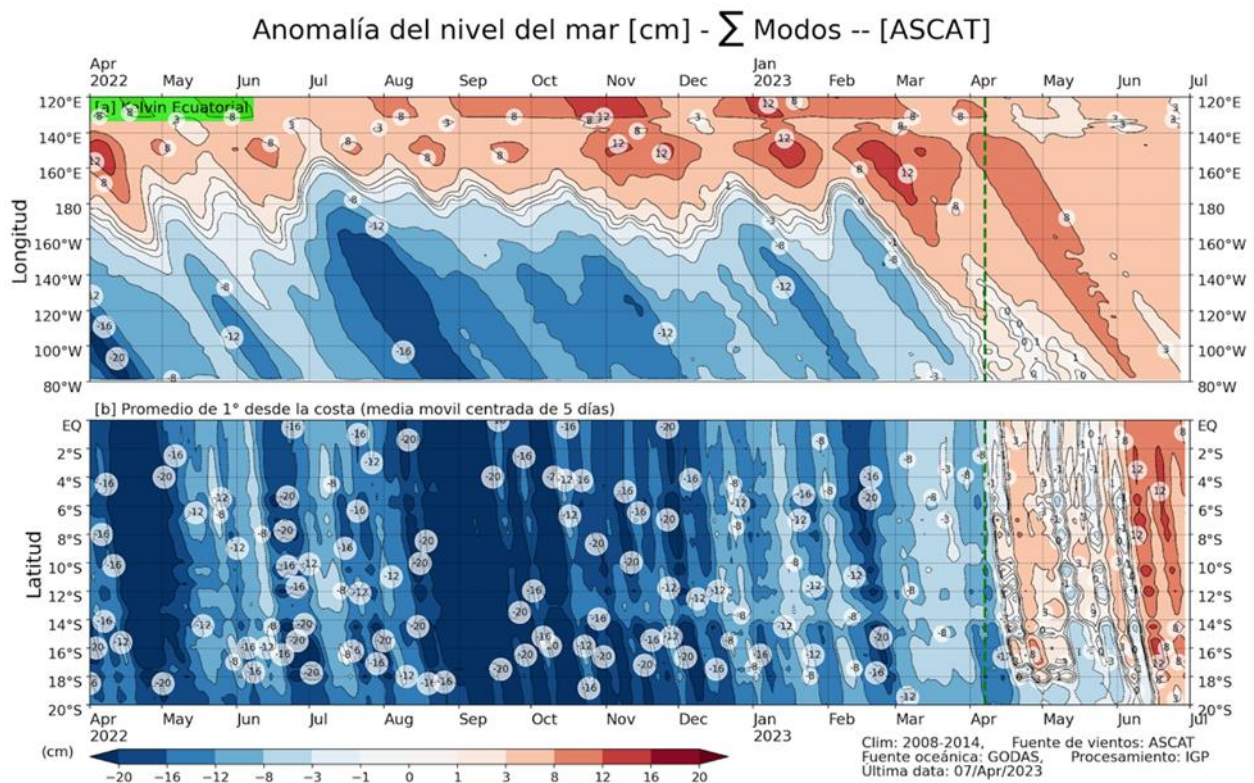


Figura 38. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior). La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT.

Fuente: IGP.

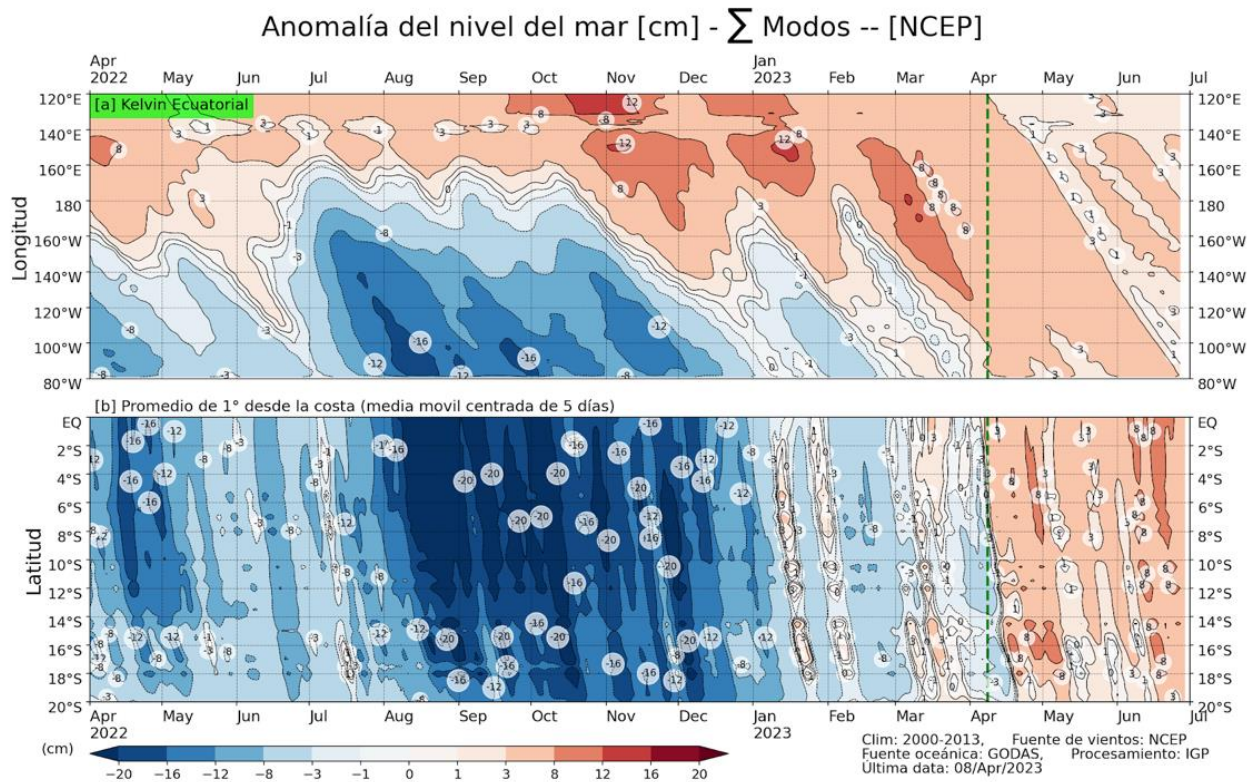


Figura 39. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada NCEP.

Fuente: IGP

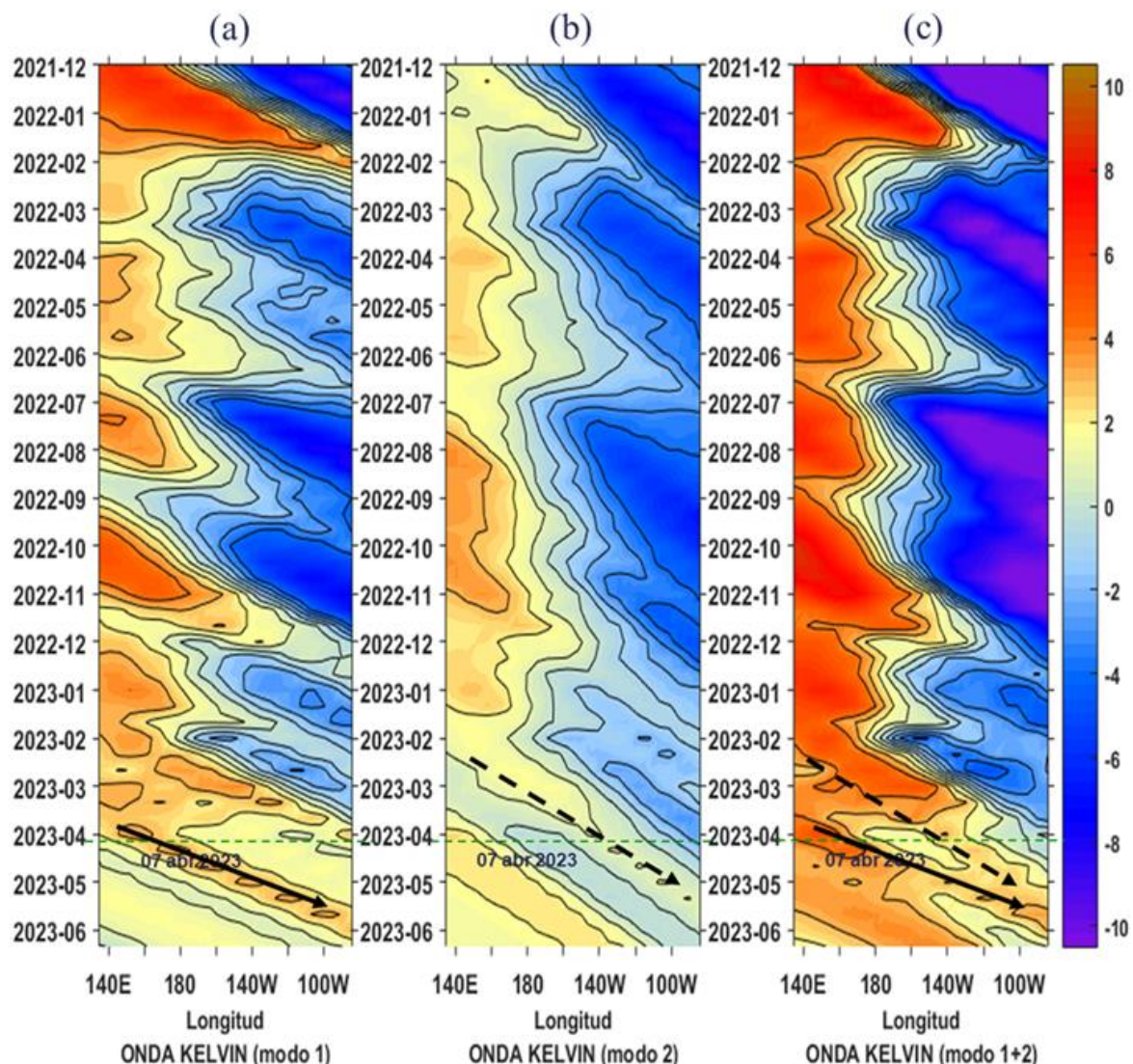


Figura 40. Diagrama Hovmöller (longitud-tiempo) de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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.

En base 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 se mantengan valores dentro de lo normal hasta junio de 2023 y que posteriormente ocurra la transición hacia condiciones El Niño (Tabla 8, Tabla 9 y Figura 41).

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre abril y setiembre 2023.

Pacífico central	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	0
Neutro	94	78	60	45	33	30
Cálida débil	6	21	36	48	52	53
Cálida moderado	0	1	4	7	15	17
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas hasta al menos setiembre de 2023 (Tabla 9 y Figura 41).

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre abril y setiembre 2023.

Pacífico oriental	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	0	0	0
Cálida débil	0	0	0	4	9	16
Cálida moderado	52	62	60	65	61	60
Cálida fuerte	48	38	40	31	30	24
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CALIDAS, FRIAS Y NEUTRAS

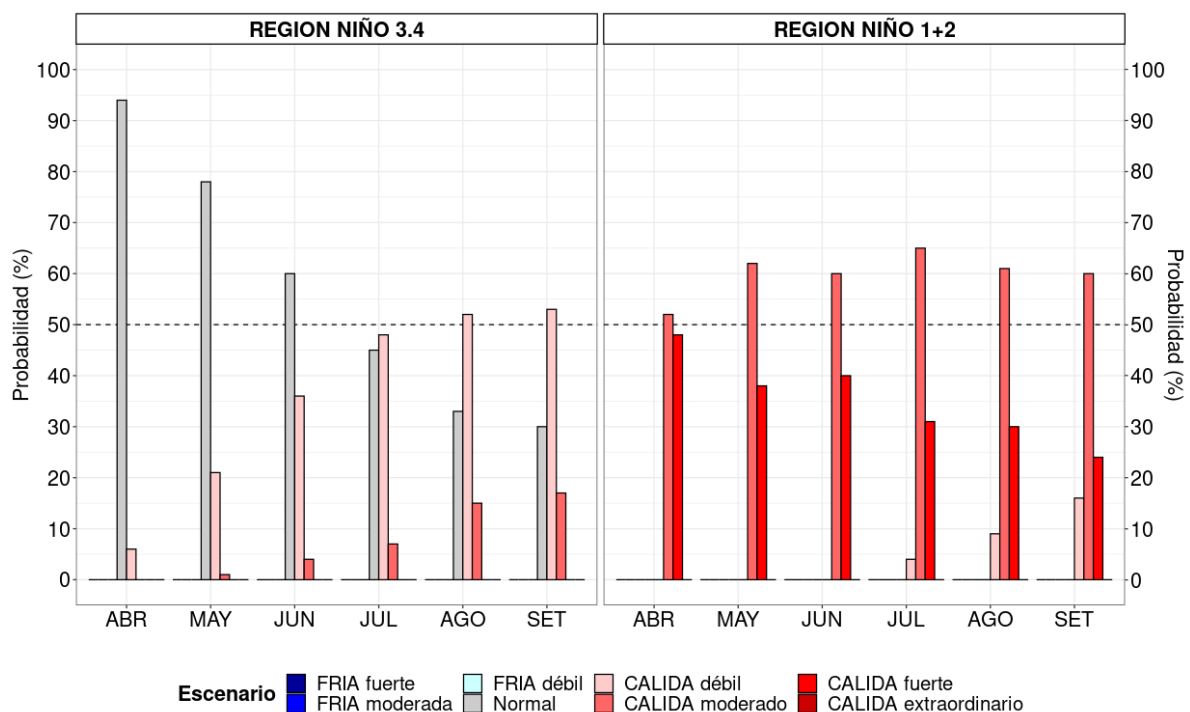


Figura 41. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre abril y setiembre 2023.

El pronóstico estacional de precipitación vigente para el trimestre abril-junio de 2023, se prevén precipitaciones superiores a lo normal, determinado por el mes de abril, en la costa norte y centro, así como en la sierra norte y centro occidental del país. Se mantienen condiciones para la ocurrencia de lluvias de moderada a fuerte intensidad para las próximas semanas en la costa norte, principalmente. Las temperaturas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal en la costa norte y costa centro.

En cuanto a los recursos pelágicos se prevé que de continuar las condiciones cálidas anómalas continúe la disponibilidad y accesibilidad de especies ecuatoriales (samasa), especies transzonales (caballa y bonito) y oceánicas (barrilete y atún aleta amarilla) frente al mar peruano.

Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza se desplace latitudinalmente hacia el sur, ampliando su área de distribución, lo que podría reflejarse en cambios de la estructura por tallas de las capturas de la flota de arrastre industrial, dependiendo de la intensidad y duración de las condiciones cálidas vigentes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que considera que El Niño costero continúe por lo menos hasta invierno del presente año y de acuerdo al último análisis, tendría una magnitud moderada, sin descartar que podría tener características de condición cálida fuerte en abril. La intensificación del calentamiento anómalo observado en la región Niño 1+2, que abarca la zona norte y centro del mar peruano, sería la consecuencia de la interacción océano-atmósfera anómala que se desarrolló principalmente desde marzo hasta inicios de abril. Los factores que mantendrían el desarrollo de El Niño Costero son principalmente el arribo de ondas Kelvin cálidas hasta julio.

Para la región del Pacífico central, conforme al juicio experto del ENFEN y los pronósticos de los modelos climáticos internacionales, existe una mayor probabilidad del desarrollo de condiciones de El Niño a partir de julio, las cuales se prolongarían, por lo pronto, hasta setiembre del año en curso y con una magnitud débil. Sin embargo, cabe recordar que, en general, los pronósticos para más allá del otoño presentan menor grado de acierto.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo de acuerdo con el pronóstico estacional vigente para fines de atención y reducción del riesgo de desastres.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continúa monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el 28 de abril 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., Tippet, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- 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 <i>in situ</i> /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]