

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 8 N° 12

DICIEMBRE DE 2022

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:

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 Carlo Montero Chirito

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez Lazo

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

General de Brigada (r) EP Marco Antonio Jaymez Rebosio

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Tte. 1° Milagros Lizbeth Aliaga Vidal (DIHIDRONAV)

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

SENAMHI: Tania Ita, Yury Escajadillo, Andrés Rodríguez, Glicerio Canchari

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

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año: 8

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 8, N° 12, diciembre de 2022, 42 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 diciembre de 2022



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú DICIEMBRE 2022

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	MÉTODOS	5
2.1.	Variables.....	5
2.2.	Índices	6
2.3.	Modelos y Pronósticos	7
III.	CONDICIONES OBSERVADAS EN DICIEMBRE DE 2022.....	9
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical.....	9
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales.....	14
3.3.	Condiciones hidrológicas	30
3.4.	Condiciones agrometeorológicas.....	32
IV.	PERSPECTIVAS.....	33
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
VI.	REFERENCIAS.....	38
VII.	ANEXO	41

I. INTRODUCCIÓN

Existen registros que El Niño - Oscilación Sur (ENOS) en sus dos fases, El Niño y La Niña tiene repercusiones distintas, y más intensas en algunas zonas del mundo. 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, propician lluvias intensas que generan impactos en los sectores socioeconómicos.

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

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

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

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

Otra fuente relevante para el monitoreo de la TSM es el *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* (ERSST), es un conjunto de datos de la TSM derivado de *International Comprehensive Ocean–Atmosphere Dataset* (ICOADS) con información desde 1854 hasta la actualidad. La versión más reciente de ERSST, versión 5(v5), con una resolución horizontal de $2^\circ \times 2^\circ$, incorpora información la TSM proveniente de los flotadores Argo, la concentración de hielo Hadley Centre Ice-SST versión 2 (HadISST2) y los datos recientes desde ICOADS. Para mayor 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 (Paíta, 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 (A.O.A.C., 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 y 2014; Mosquera et al., 2011).

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-Ccalluari 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. 2004). 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 (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 NOVIEMBRE DE 2022

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

Durante diciembre de 2022 y los primeros días de enero de 2023, la TSM en el Pacífico ecuatorial central continuó mostrando condiciones frías (Figura 1 y 2). Entre noviembre y diciembre, en la región Niño 4 la anomalía pasó de $-0,98$ a $-0,87$ °C; en Niño 3.4, de $-0,90$ a $-0,89$ °C; en Niño 3, de $-0,94$ a $-0,87$ °C y en Niño 1+2, de $-1,12$ a $-0,52$ °C (Tabla 1).

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
Jul. 22	20.76 -1.20	25.28 -0.53	26.60 -0.69	27.92 -0.98
Ago.	20.41 -0.60	24.44 -0.67	25.88 -0.98	27.70 -1.09
Set.	19.70 -1.02	23.94 -0.96	25.65 -1.07	27.59 -1.17
Oct.	19.23 -1.79	23.88 -1.10	25.73 -0.99	27.64 -1.12
Nov.	20.53 -1.12	24.16 -0.94	25.80 -0.90	27.71 -0.98
Dic.	20.29 -0.52	24.36 -0.87	25.71 -0.89	27.67 -0.87

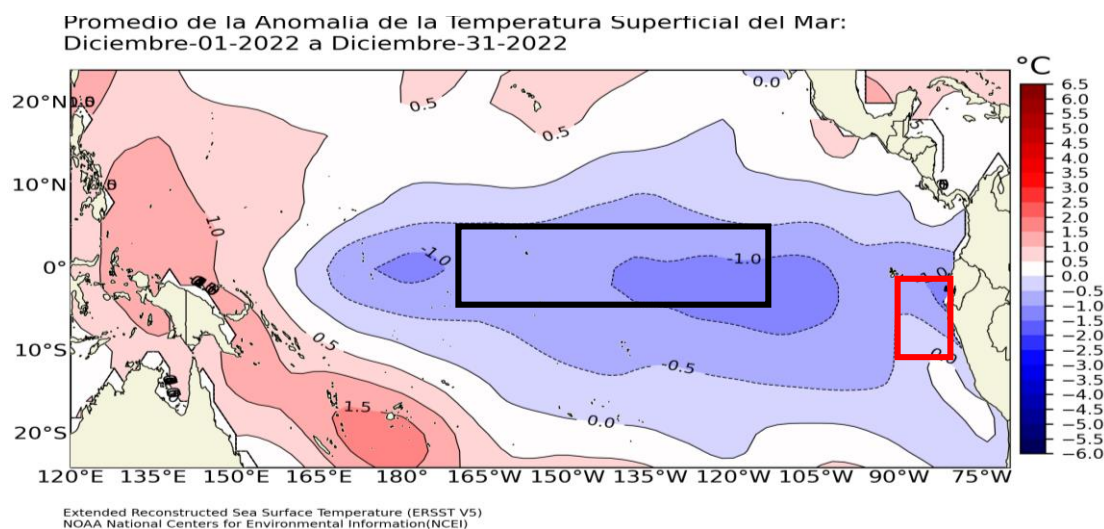


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico tropical en diciembre de 2022. La región Niño 3.4 está delimitada con el recuadro negro y la región Niño 1+2 está delimitada con el recuadro rojo. Fuente: ERSST v5.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

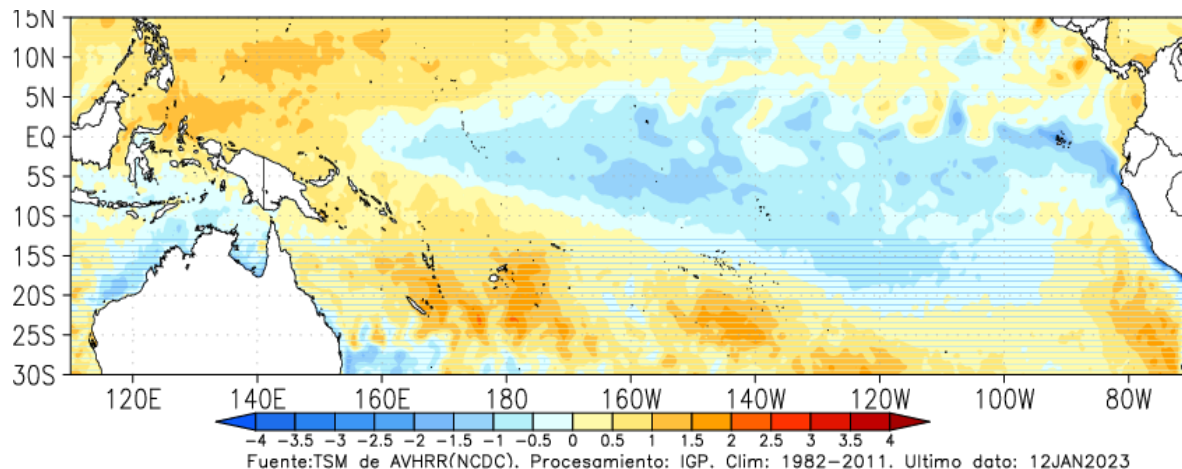


Figura 2. Promedio de las anomalías de TSM en el Pacífico tropical de los últimos 15 días. Fuente: AVHRR. Procesamiento IGP.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de noviembre se ubica dentro de la categoría fría moderada, mientras que el del ICEN temporal (ICEN-tmp) de diciembre se ubica dentro de la condición neutra. Por otro lado, los valores del ONI de noviembre y el ONI temporal (ONItmp) de diciembre se ubican dentro de la categoría fría débil (Tabla 2).

Tabla 2: Valores del ONI e ICEN desde diciembre de 2021 hasta noviembre de 2022 y el valor temporal de diciembre. Fuente IGP.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
dic-21	-1,28	Fría Moderada	-0,99	Fría Débil
ene-22	-1,43	Fría Fuerte	-0,97	Fría Débil
feb-22	-1,05	Fría Débil	-0,95	Fría Débil
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
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
dic-22	-0,84	Neutro	-0,88	Fría Débil

En diciembre, en el Pacífico ecuatorial oriental, se observó la presencia de la onda Kelvin cálida tanto en el nivel del mar como en la profundidad de la termoclina. En ambas variables se manifiesta que la velocidad de la onda ha disminuido, además de mostrar una leve disminución en su intensidad conforme se acerca a la costa americana. Por otro lado, en las mismas variables, se aprecia el desarrollo de una onda Kelvin fría entre 160°W y 140°W y otra cálida en el extremo occidental, esta última, posiblemente, como consecuencia de la reflexión de una onda Rossby (Figura 3 y 31).

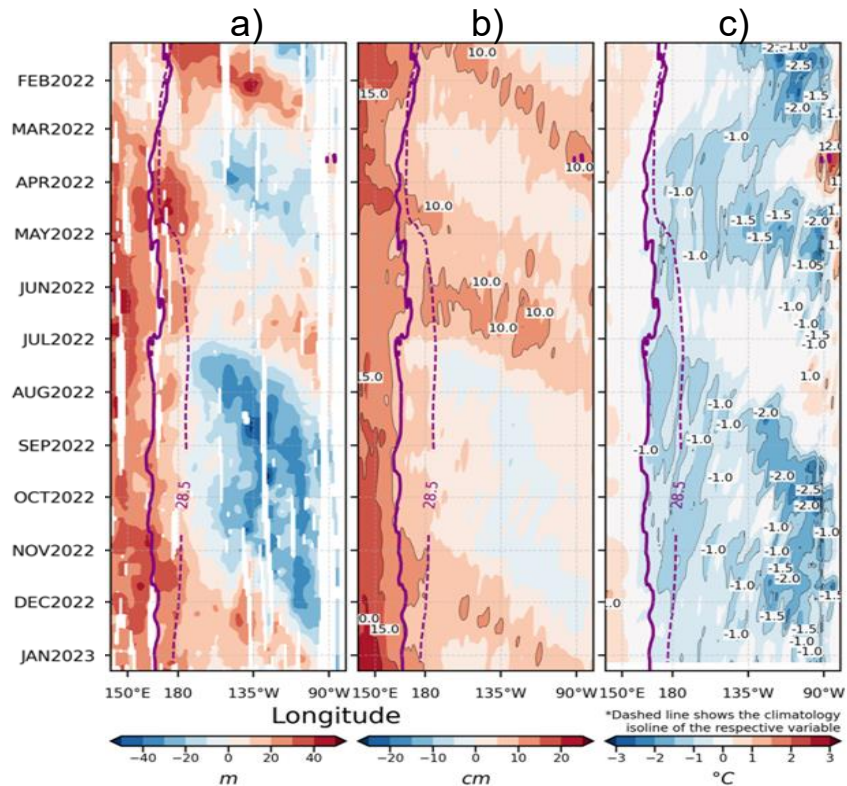


Figura 3: Diagrama Hovmöller: a) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C Fuente: ARGO, b) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y c) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Procesamiento: IGP.

En diciembre, sobre el Pacífico ecuatorial, la circulación de Walker estuvo fortalecida respecto al mes anterior; el patrón subsidente persistió y se intensificó al oeste de la línea de cambio de fecha, presentándose, además, anomalías subsidentes al norte de Sudamérica. En la baja tropósfera (850 hPa), sobre el Pacífico occidental, los vientos alisios se intensificaron favoreciendo las condiciones frías en dicha región; mientras que, hacia la región de Pacífico oriental se observó, en promedio, el debilitamiento, respecto a noviembre, de los vientos anómalos del oeste, principalmente a ambos lados del ecuador, así como una leve intensificación de los vientos del sur próximos a la costa peruana.

Por otro lado, en niveles altos de la tropósfera (200 hPa), sobre el Pacífico ecuatorial, se incrementaron los vientos anómalos del oeste, reflejando un fortalecimiento del patrón de circulación típica de un evento La Niña (Figura 4).

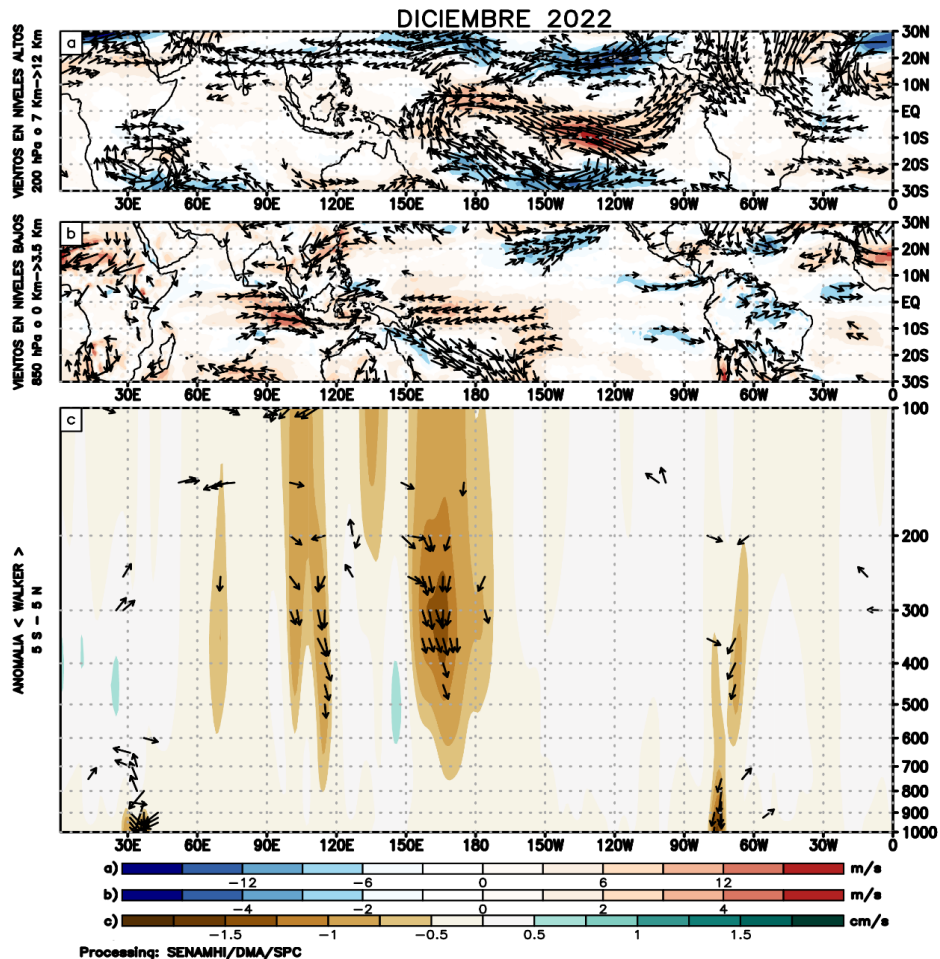


Figura 4: (a) Anomalías de los vientos respecto a su velocidad (colores) y dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) y (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker). Periodo: diciembre de 2022. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para diciembre, presentó una configuración zonal, ubicándose ligeramente al oeste de su posición normal y con un núcleo de intensidad próxima de su valor climatológico (Figura 5). Esta configuración favoreció la intensificación de los vientos alisios en el Pacífico centro-occidental y un debilitamiento de los vientos del sur frente a la costa peruana; sin embargo, desde la tercera semana de diciembre, el acercamiento hacia continente del APS fortalecido generó episodios de incremento de viento en la franja más próxima a la costa (Figura 6).

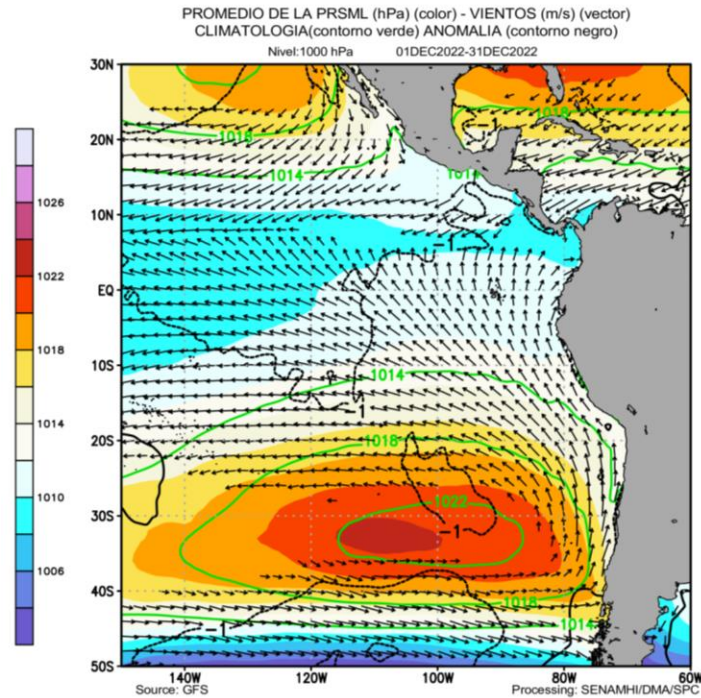


Figura 5. Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (colores) con su climatología (línea verde), anomalía (línea negra) y vientos (flechas) para diciembre de 2022. Procesamiento: SENAMHI.

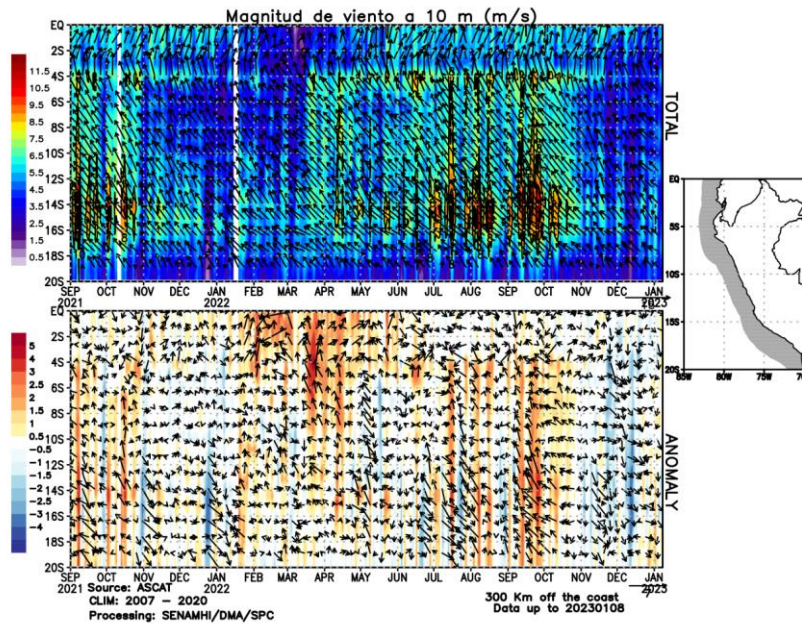


Figura 6. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento dentro de los 300 km frente a la costa, Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento frente a la costa de Perú. Fuente: ASCAT, Procesamiento: SENAMHI-SPC.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Frente a la costa peruana, en la zona oceánica, se presentaron vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m/s), asociados a anomalías de la velocidad del viento (AVV) dentro del rango neutral a negativo, excepto entre el 21 y 25 de diciembre, donde se su intensidad se incrementó notablemente. Por otro lado, a lo largo de la franja costera peruana, dentro de los 40 km se mantuvieron vientos moderados a débiles (< 4,1 m/s), asociados a AVV dentro del rango negativo, observándose la intensificación del viento la segunda quincena, lo cual genero periodos con anomalías positivas (Figura 7). El afloramiento costero presentó pulsos de intensidad menores a $100 \text{ m}^3/\text{s} \times 100\text{m}$, desde Sechura hasta Callao y de San Juan de Marcona hacia el sur, mientras que, desde Talara a Sechura y desde Callao a San Juan de Marcona, presentaron intensidades superiores a $100 \text{ m}^3/\text{s} \times 100\text{m}$, como consecuencia de la presencia de vientos moderados (Figura 8), sin embargo, la información in situ indica que los afloramientos fueron más intensos (Figura 15).

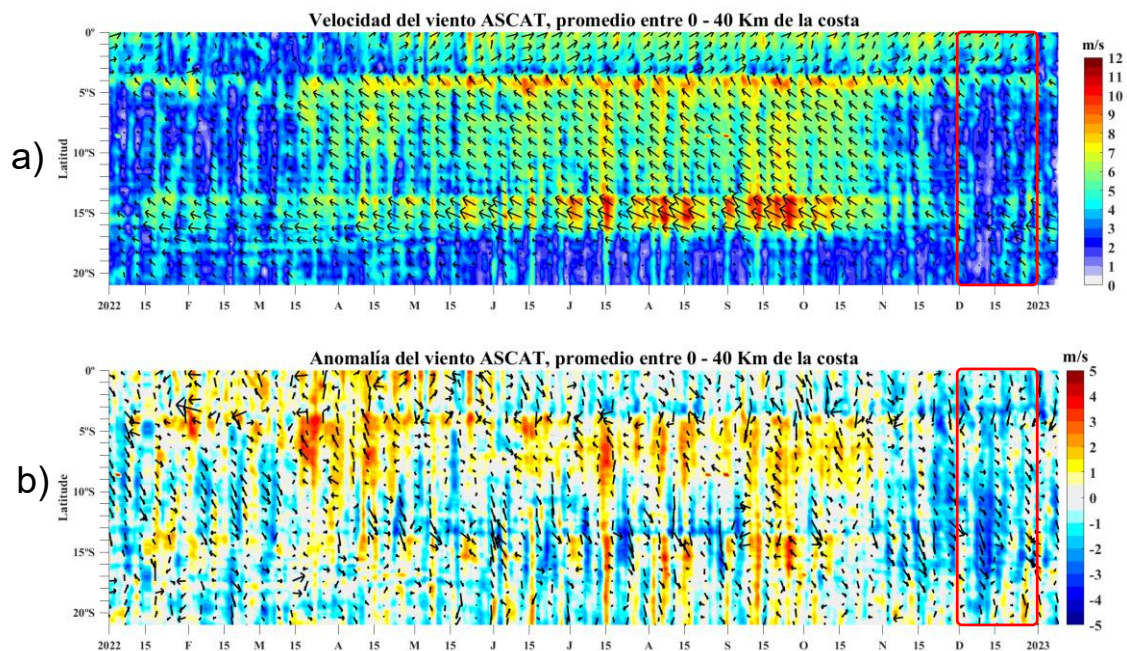


Figura 7. Viento Satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

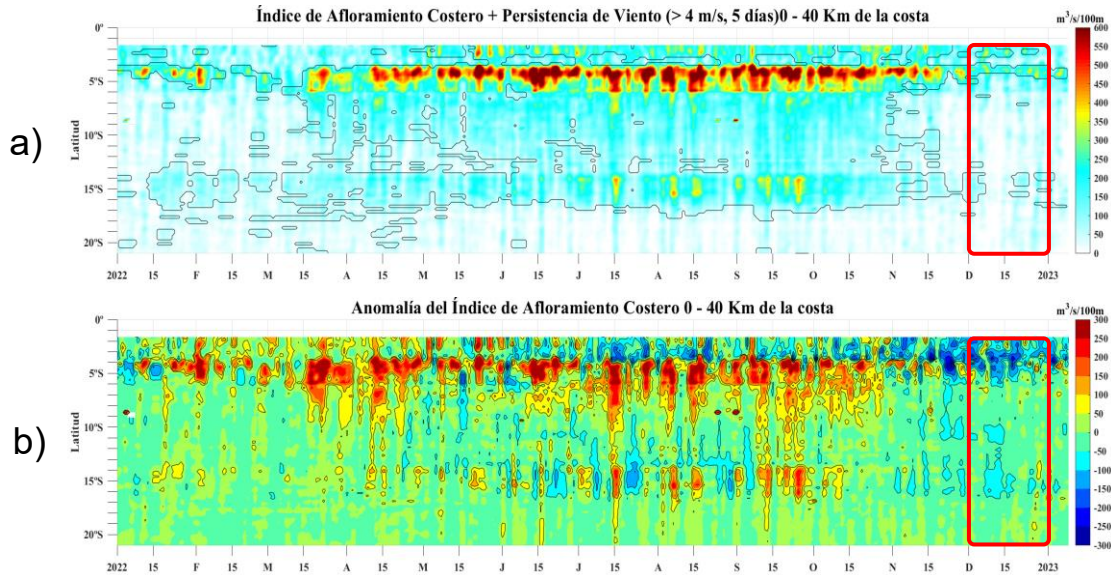


Figura 8. Índice de Afloramiento Costero, calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero ($m^3 s^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($m^3 s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

Durante diciembre, las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana se presentaron, en promedio, dentro del rango normal. En dicho mes, a escala decadiaria, la temperatura máxima presentó anomalías positivas de hasta $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, entre los días del 11 y el 20; durante este mismo periodo, la temperatura mínima, presentó también anomalías positivas de hasta $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$. En lo que va de enero, ambas temperaturas evidenciaron una disminución en sus valores, especialmente la temperatura mínima que presentó, en promedio, anomalías negativas de $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la costa norte, centro y sur, respectivamente. En el caso de la temperatura máxima, sus valores oscilaron dentro de su rango normal. El descenso de las temperaturas del aire se asoció a la intensificación de las anomalías negativas de la TSM, en la franja más cercana al litoral, producto del incremento de vientos del sur desde la tercera semana de diciembre (Figura 9).

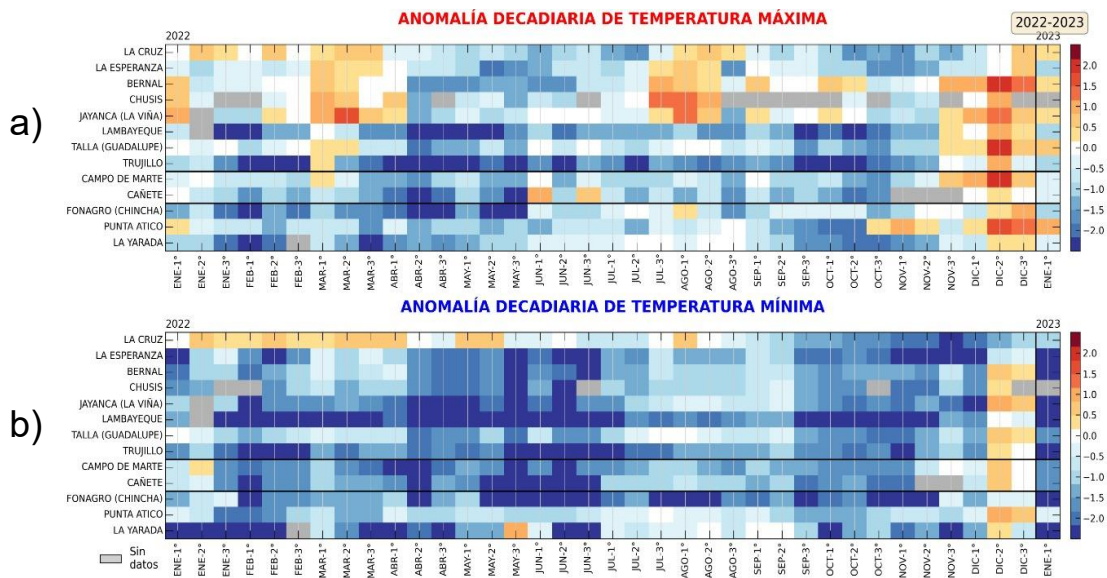


Figura 9. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI de diciembre de 2021 a noviembre de 2022. Fuente: SENAMHI.

En diciembre, la TSM del mar peruano continuó incrementándose, presentando, en promedio, valores entre 18 °C y 23 °C, excepto al norte de los 4°S donde se registró temperaturas de hasta 24 °C. La anomalía de TSM, en promedio, mostró condiciones normales, inclusive ligeras anomalías positivas durante diciembre, registrando valores hasta +2 °C en el litoral norte, mientras que en la zona centro y sur estuvieron en su rango normal en diciembre. En lo que va de enero, la TSM disminuyó en todo el litoral presentando anomalías hasta de -1 °C, observándose la intensificación de las condiciones frías en la zona norte, donde las anomalías negativas alcanzaron valores de hasta -3 °C fuera de las 50 millas. (Figuras 10 y 11).

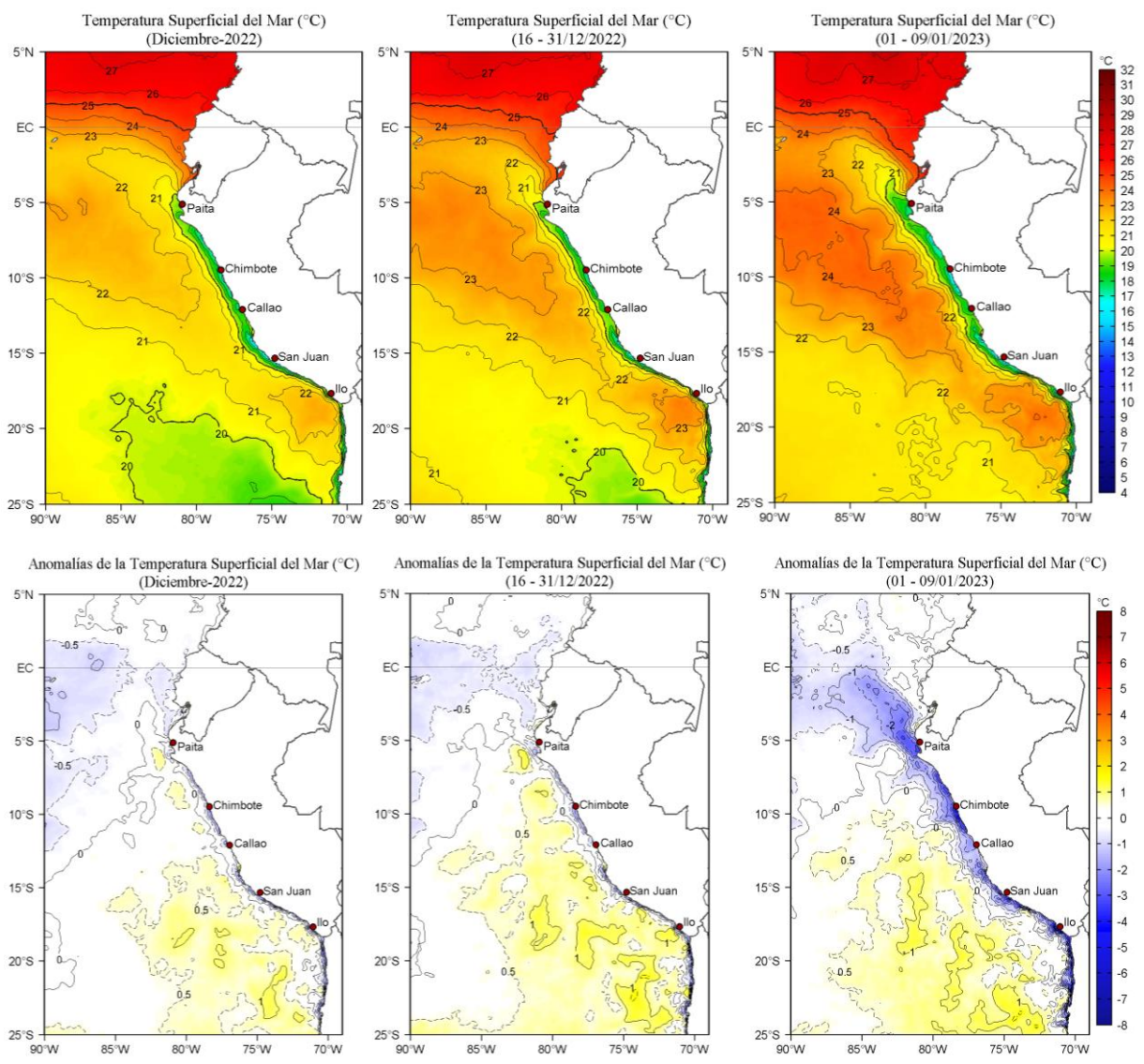


Figura 10. Distribución quincena de la temperatura superficial del mar y su anomalía del 1 de diciembre de 2022 al 9 de enero de 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016.

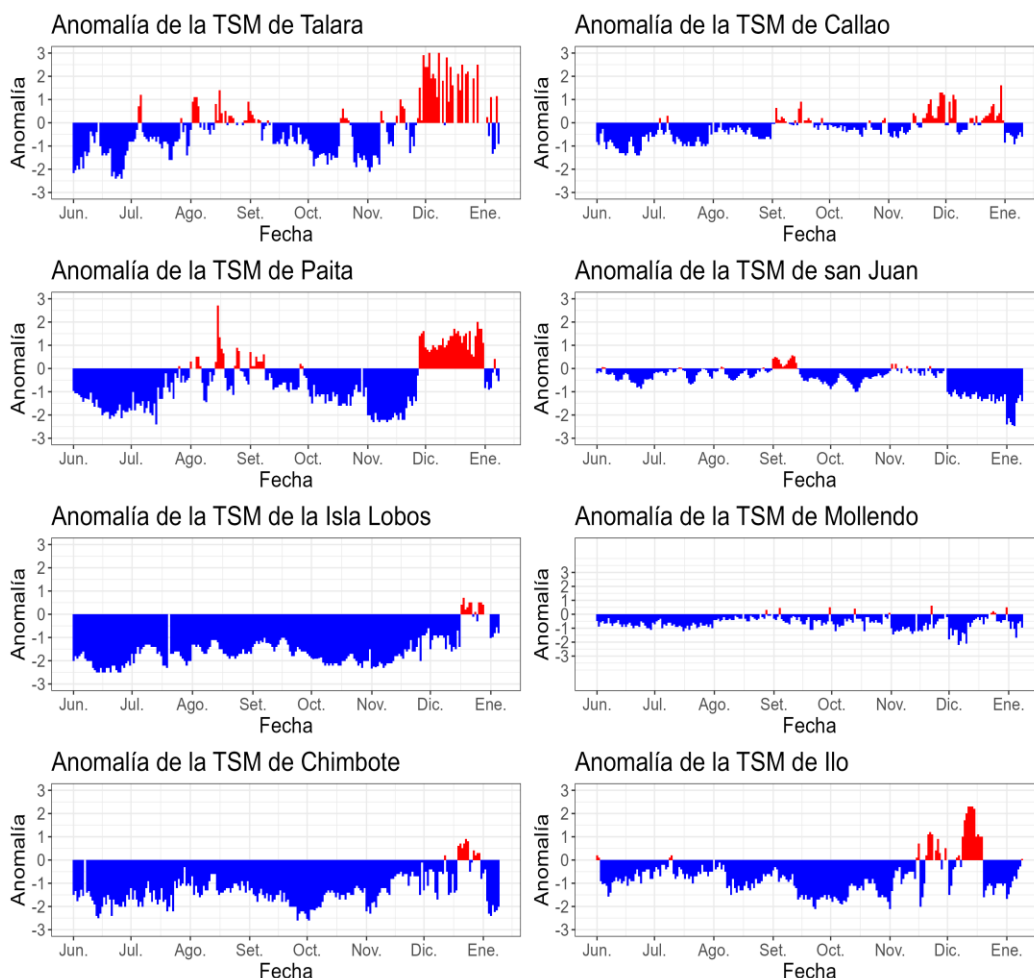


Figura 11. Anomalía de la TSM diaria a lo largo de la costa peruana de junio de 2022 a enero de 2023. Fuente: DHN.

En todo el litoral, el nivel del mar (NM) disminuyó en la primera quincena de diciembre debido al paso de una onda Kelvin fría para luego cambiar su tendencia en la segunda quincena del mes e inicios de enero, en donde alcanzó hasta 5 cm por encima de su normal, asociado al arribo de una onda Kelvin cálida debilitada (Figura 12). En la franja de las 60 millas náuticas adyacentes a la costa peruana se observó el mismo comportamiento, las anomalías del nivel del mar (ANM) mostraron un descenso a inicios del mes y un incremento para lo que va de enero con magnitudes más altas al sur del Callao y con anomalías superiores a +10 cm relacionadas, posiblemente a remolinos anticiclónicos (Figura 13).

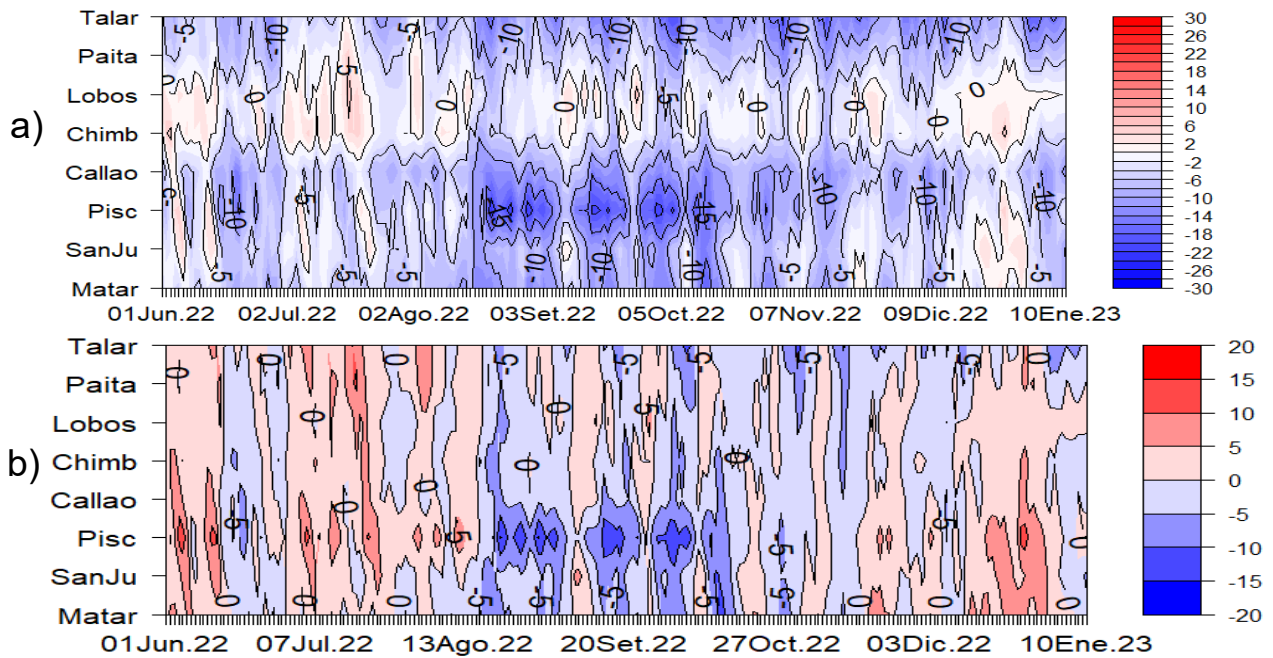


Figura 12. Diagrama Hovmöller de anomalía de NM diaria en el litoral peruano a) sin filtro y b) con filtro móvil anual, del 01 de junio 2022 al 10 de enero 2023, Climatología: 1981-2010. Procesamiento: DIHIDRONAV.

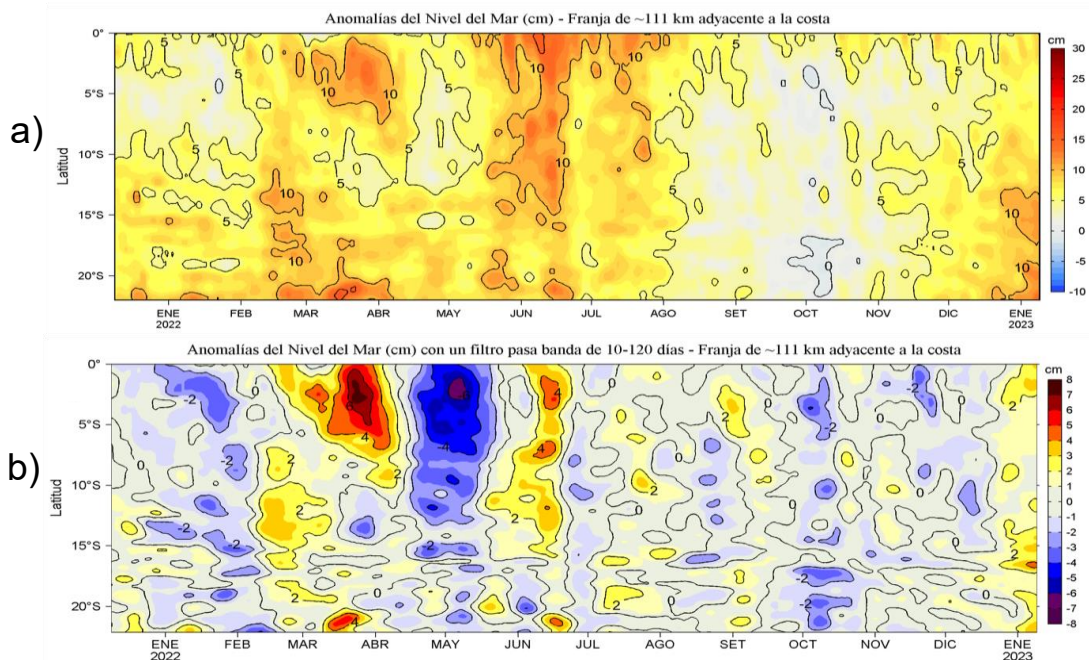


Figura 13. Diagrama Hovmöller de las a) anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 millas náuticas (~111km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses a inicios de enero de 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

En diciembre, frente a la costa norte y centro se registraron anomalías de hasta +1 °C sobre los 20 m de profundidad entre las 30 y 100 millas náuticas frente a Paita, Chimbote y Callao, en tanto que anomalías de hasta +2 °C frente a Chicama. Por debajo de esta capa, hasta los 100 m de profundidad, se observaron anomalías negativas de -1 °C, en promedio (Figuras 14 y15). Además, frente a la costa norte entre los 300 y 450 m de profundidad y dentro de las 150 millas náuticas se observaron ligeras anomalías positivas de +0,5 °C, en promedio (Figuras 14 y 15). Finalmente, en lo que va de enero se observaron anomalías entre -2 °C y -1 °C frente a la costa norte, entre las 60 y 115 millas náuticas, y sobre los 100 m de profundidad; mientras que, frente a la costa central, sobre los 100 m de profundidad, se evidenciaron tanto anomalías negativas (-3 °C) como positivas (+1°C), entre las 75 y 150 millas náuticas. (Figura 14).

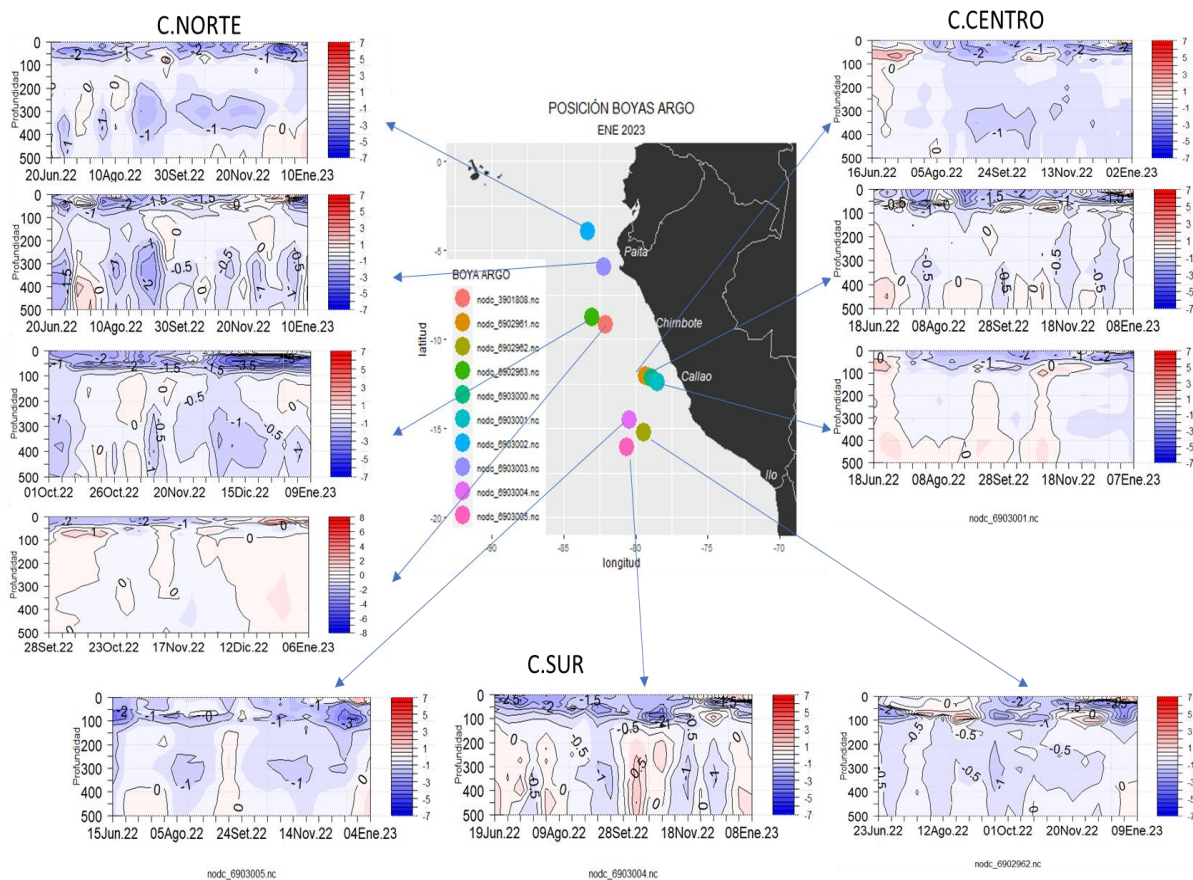


Figura 14. Secciones de anomalías de temperatura del mar de junio 2022 a enero 2023 hasta los 500 m de profundidad. Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: DIHIDRONAV.

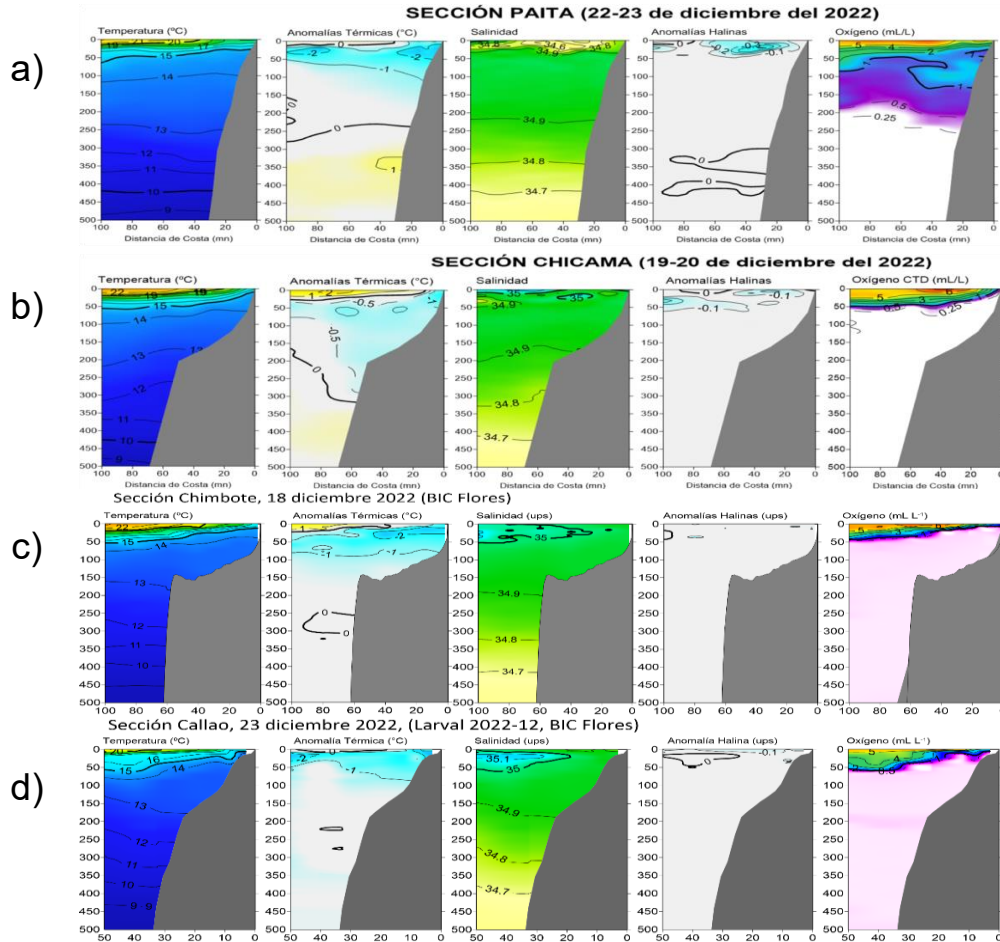


Figura 15. Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas y oxígeno disuelto (mL L^{-1}) frente a a) Paita (22-23 diciembre), b) Chicama (19-20 diciembre), c) Chimbote (18 diciembre) y d) Callao (23 diciembre) de izquierda a derecha. Fuente: IMARPE.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) frente a Paita (Figura 15), proyectando una influencia costera al sur de Punta Falsa durante diciembre y en lo que va de enero (Figura 16). Las aguas costeras frías (ACF) predominaron en una franja entre 30 y 50 millas náuticas frente a Chicama, Chimbote y Callao; mientras que, por fuera de esta franja se detectó la presencia de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) (Figura 15, 17). Sin embargo, las ASS habrían presentado su mayor acercamiento a la costa entre Chimbote y Supe (Figura 16). Al sur de Callao, la amplitud de las ACF habría sido de al menos 60 millas náuticas; entre Pisco y San Juan de Marcona, su amplitud alcanzó unas 100 millas náuticas con valores de baja salinidad en la capa superficial en la zona adyacente al litoral (Figura 16).

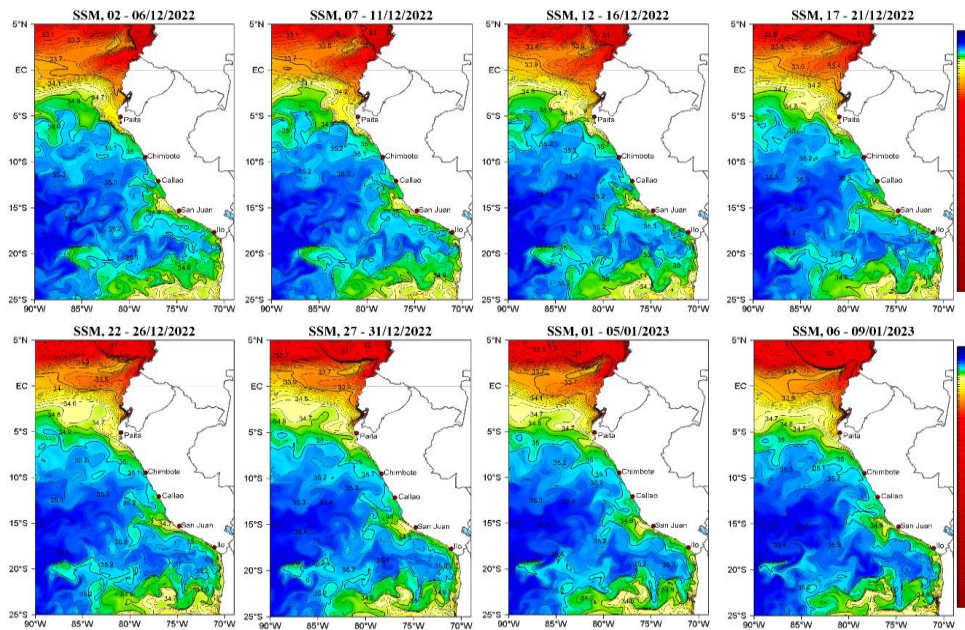


Figura 16. Distribución espacial promedio pentadal de la salinidad superficial en el océano Pacífico tropical oriental, de diciembre 2022 a enero 2023. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

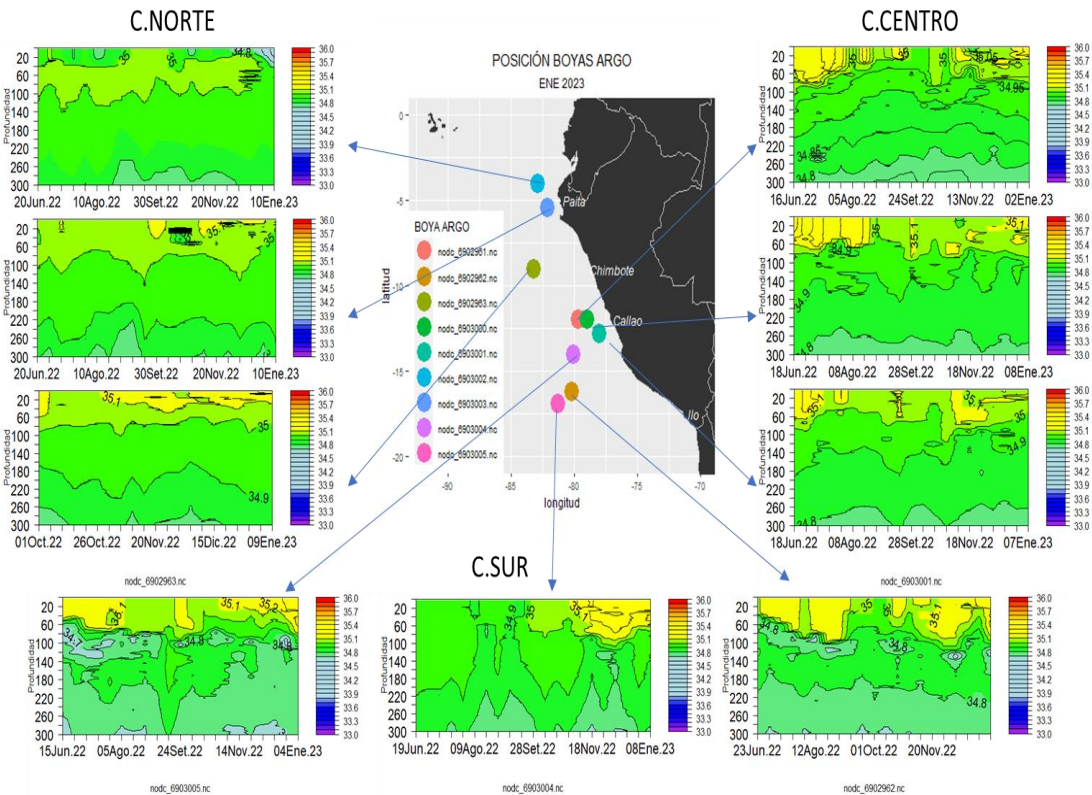


Figura 17. Sección de la salinidad del mar frente a la costa de Perú de junio 2022 a enero de 2023. Fuente: ARGO. Procesamiento: DIHIDRONAV.

El oxígeno disuelto (OD), la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ se encontró entre los 25 y 130 m de profundidad en la sección Paita. Se observó, además, una tendencia ascendente hacia la costa de la iso-oxígena de 2,0 mL L⁻¹ desde los 60 m hasta los 10 m, mientras que el límite superior de la Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL L⁻¹) se encontró a 200 m de profundidad. Entre Chicama y Callao la oxiclina y el límite superior de la ZMO mostraron un ascenso de 50 m dentro de las 100 millas náuticas y de 10 m cerca del litoral, debido a la influencia del afloramiento costero (Figura 15). En la zona oceánica, el límite superior de la ZMO se detectó a 50 m frente a Chimbote y a unos 100 m frente a Callao y Atico (Figura 18).

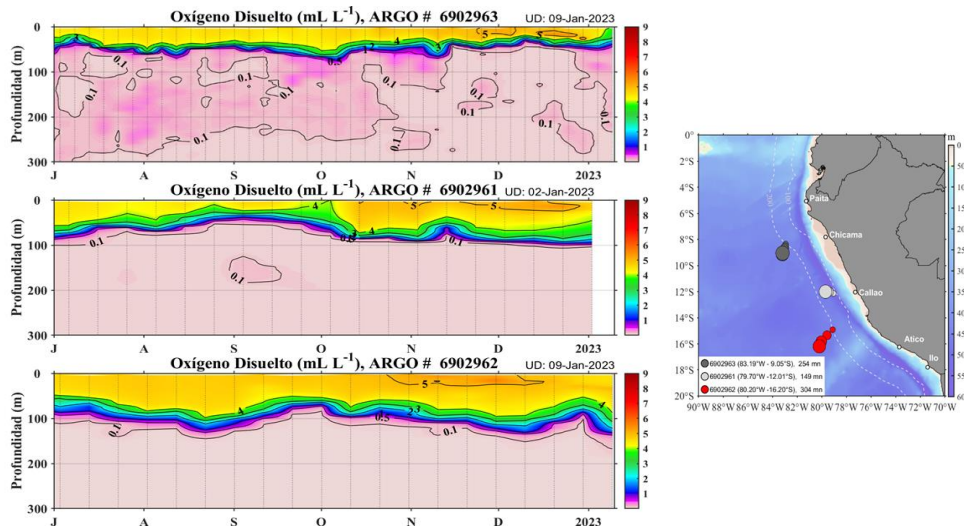


Figura 18. Evolución del oxígeno disuelto del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para los meses de diciembre 2022 y enero 2023 donde brindó información el flotador ARGO. Fuente: ARGO. Climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

Productividad marina y condiciones biológico pesqueras

De acuerdo a la información satelital, la clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, durante diciembre, en la franja de 60 millas náuticas adyacente a la costa peruana, presentó mayormente concentraciones entre 1,0 a 10,0 $\mu\text{g L}^{-1}$, con los mayores valores en la zona frente a la costa entre Chicama y Pisco. Las anomalías de clorofila-a mostraron, en la franja litoral, una distribución de valores positivos de +5,0 $\mu\text{g L}^{-1}$, de manera frecuente entre Paita y Pisco. Sin embargo, desde la última semana de diciembre y en lo que va de enero se observó una disminución de la concentración de clorofila-a (Figura 19).

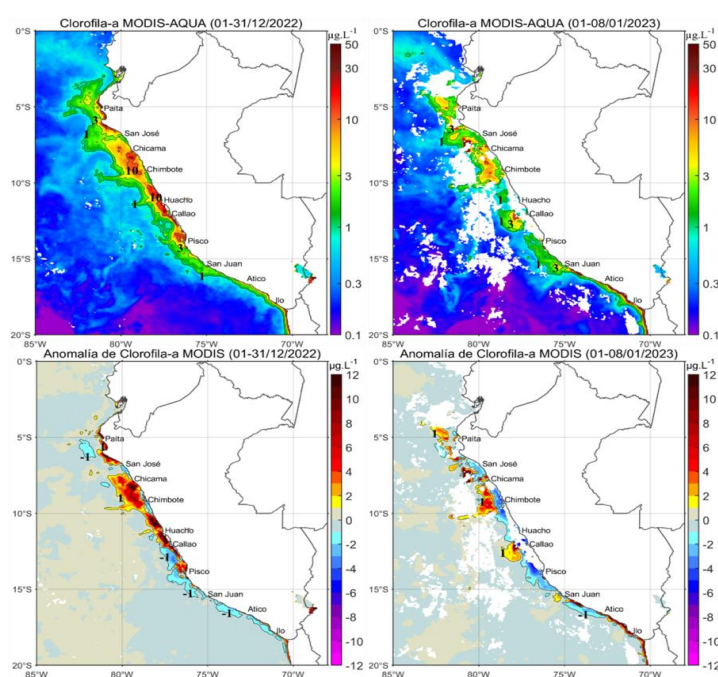


Figura 19. Distribución de la clorofila-a superficial ($\mu\text{g L}^{-1}$) (superior) y anomalía (inferior) de diciembre 2022 a enero 2023 (de izquierda a derecha). Fuente: MODIS-AQUA. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, la flota cerquera industrial dirigida a la pesca de anchoveta, durante la segunda temporada de pesca de anchoveta 2022 en la región norte-centro, mantuvo una amplia cobertura espacial, latitudinalmente desde Paita hasta Bahía Independencia y dentro de las 80 millas náuticas de la costa. La anchoveta estuvo asociada a ACF en la zona costera y aguas de mezcla (ACF y ASS) con condiciones térmicas neutras y frías, y con anomalías entre cero y -1°C (Figura 20).

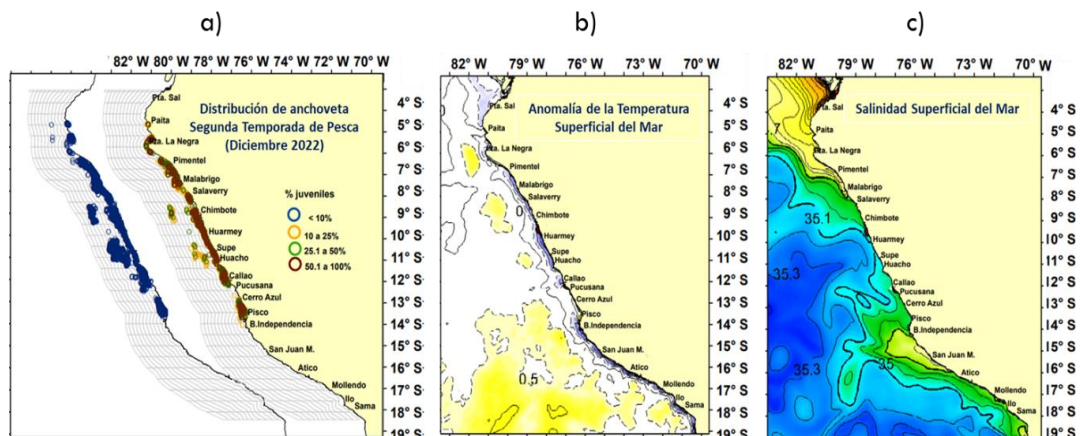


Figura 20. a) Distribución espacial de lances de la pesca de anchoveta durante diciembre del 2022 con relación a: b) anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM) y c) Salinidad Superficial del Mar (SSM). Fuente: IMARPE.

La estructura de tallas de la anchoveta fluctuó entre 8 cm y 16,5 cm de longitud total (LT), con moda en 12,5 cm LT y el porcentaje de juveniles fue de 16,4 %, destacando la incidencia de juveniles dentro de las 20 millas náuticas (Figura 21). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del *stock* norte-centro, en diciembre de 2022, muestran un ligero incremento del desove, de acuerdo con la tendencia de su patrón histórico. Por otro lado, el valor del contenido graso (CG) mantuvo su tendencia, pero con valores bajos (Figura 22).

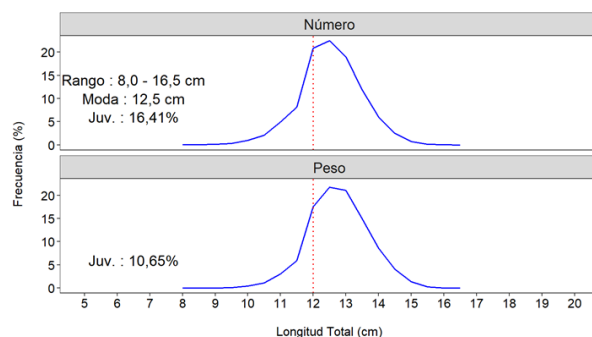


Figura 21. Estructura de tallas en los lances de anchoveta en el mar peruano durante diciembre del 2022. Fuente: IMARPE.

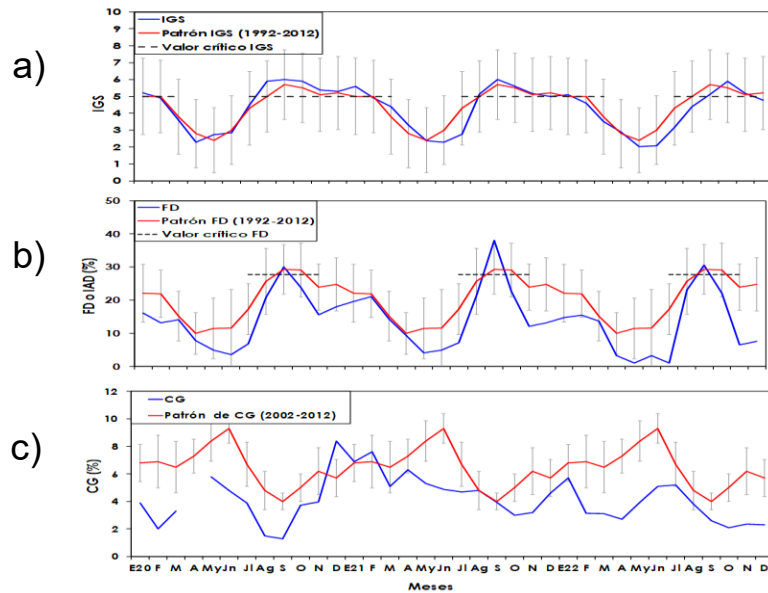


Figura 22. Serie mensual de los indicadores reproductivos (de arriba hacia abajo): a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD) y c) contenido graso (CG), de la anchoveta peruana *Engraulis ringens*. Periodo: enero 2020 – diciembre 2022. Fuente: IMARPE.

En cuanto a especies transzonales, la pesca de jurel, caballa y bonito se desarrolló principalmente de Callao hacia el sur, llegando hasta las 70 millas náuticas de la costa, asociadas a aguas de mezcla (ACF y ASS). Las capturas de bonito también se registraron al norte de Chimbote asociadas a mezcla de ACF, AES y ASS (Figura 23).

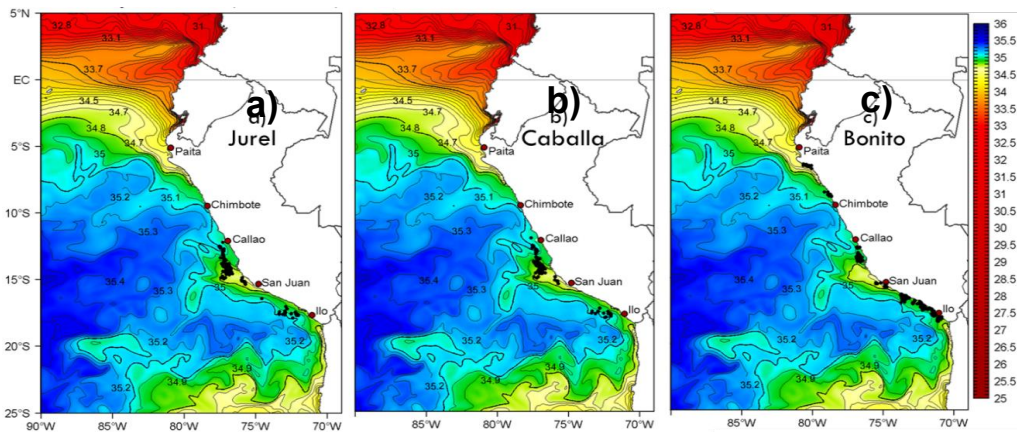


Figura 23. Distribución de lances, realizados por embarcaciones dirigidas a especies transzonales a) jurel, b) caballa y c) bonito en relación con la salinidad superficial del mar (SSM). Periodo: diciembre 2022. Fuente: IMARPE.

En cuanto a los valores de índice gonadosomático (IGS), se indica que los recursos Caballa, Jurel y Bonito se encuentran en su periodo importante de reproducción (Figura 24).

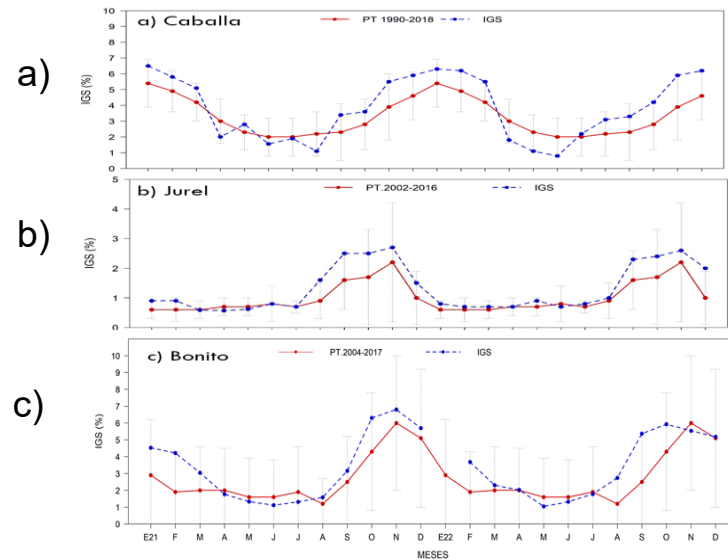


Figura 24. Índice gonadosomático (IGS) de a) jurel, b) Caballa y c) bonito con sus patrones respectivos Período: enero 2021 a diciembre 2022. Fuente: IMARPE.

Respecto a las especies demersales, la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se distribuyó entre Puerto Pizarro y Punta La Negra, y las principales capturas se registraron al norte de Punta Sal (Figura 25 a). Su estructura de tallas fluctuó entre 17 cm y 65 cm de LT, con una moda principal en 28 cm LT, la que se mantuvo respecto al mes anterior (Figura 25 b).

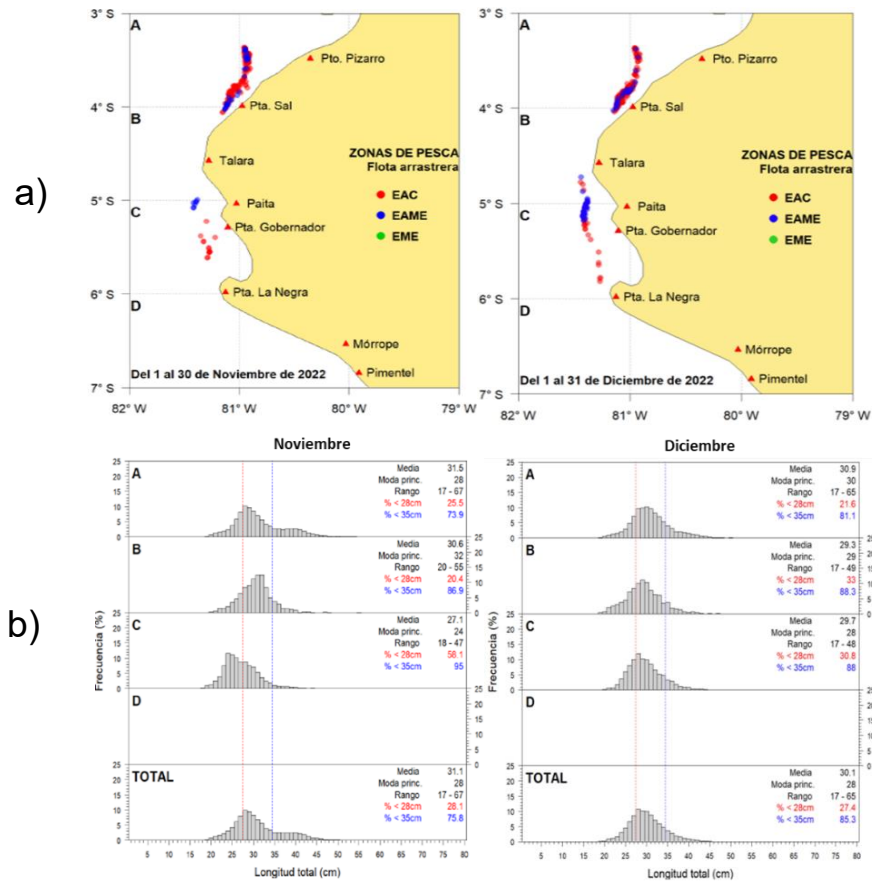


Figura 25. a) Distribución mensual de merluza de noviembre y diciembre de 2022 y b) estructura de tallas de merluza, capturada por la flota industrial de arrastre. Fuente: IMARPE.

Los desembarques de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) mostraron una ligera disminución, a diferencia de los recursos calamar común, pulpo y concha de abanico que incrementaron respecto a noviembre (Figura 26). El calamar gigante estuvo distribuido entre Talara y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en las zonas norte y sur del país (Figura 27).

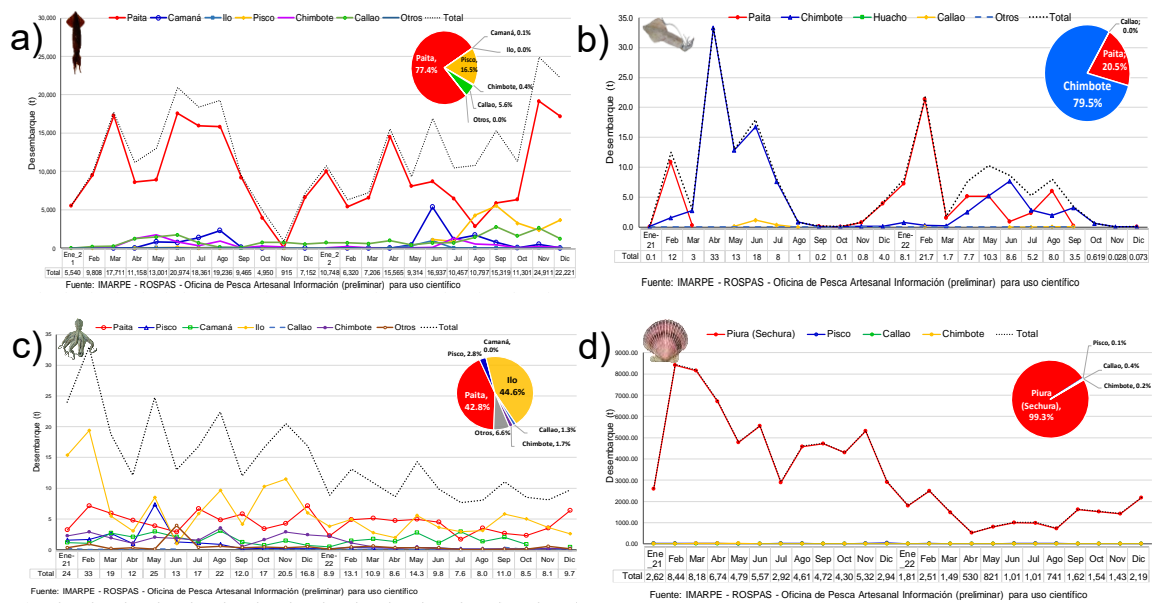


Figura 26. a) Desembarques entre enero 2021 a diciembre 2022 de a) calamar gigante *Dosidicus gigas*, b) calamar común *Doryteuthis gahi*, c) pulpo *Octopus mimus* y d) concha de abanico *Argopecten purpuratus*. Fuente: IMARPE.

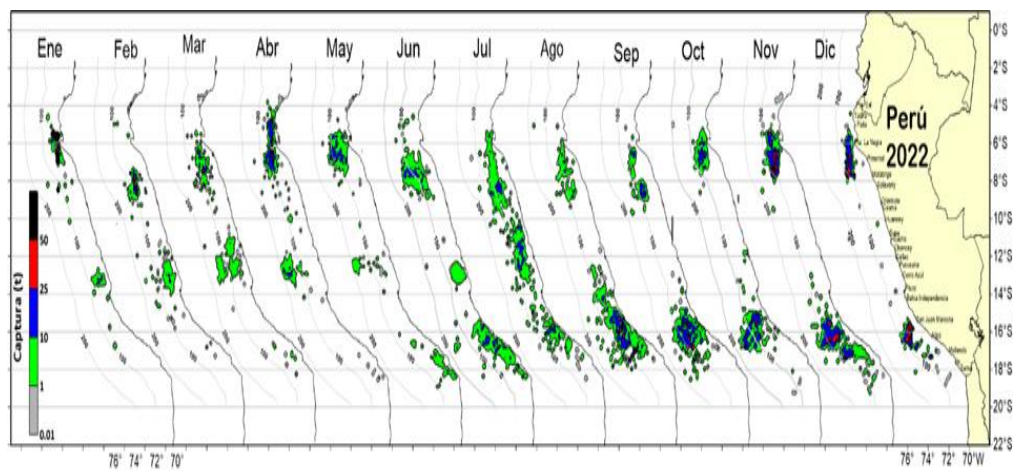


Figura 27. Distribución mensual de enero a diciembre 2022 del calamar gigante o pota, *Dosidicus gigas*. Fuente: IMARPE.

3.3. Condiciones hidrológicas

En diciembre de 2022 y los primeros días de enero de 2023, en los principales ríos del país predominaron, de forma muy significativa, caudales muy por debajo de sus valores, con ciertas excepciones en diciembre como los ríos del centro del país, Mala, Cañete, Pisco, Ica y Ocoña y en sur el río Sama, que permanece sobre su normal para todo el periodo analizado. Se destaca picos de flujo notorios ocurridos en los ríos del norte en los primeros días de enero, como Tumbes, Chira, Motupe, La Leche y Chancay Lambayeque (Tabla 3).

Tabla 3: Caudales de los principales ríos del país diciembre 2022 - enero 2023

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)								Promedio (m3/s)	Anomalia (%)
		Dic-22				Ene-23					
Pacífico Norte	Tumbes	14.5	14.2	16.8	24.2	21.0	28.3	88.0	31.6	29.8	6.2
	Chira	3.0	5.4	12.7	23.0	14.3	29.2	60.6	25.3	21.7	-42.2
	Motupe	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5	0.8	1.1	0.7	0.6	-12.5
	La Leche	0.2	0.1	0.3	2.8	0.6	1.6	3.6	0.9	1.3	-43.5
	Chancay Lambayeque	6.0	5.7	12.3	15.6	9.9	16.1	32.9	12.7	13.9	-27.2
	Zaña	1.4	1.7	1.8	2.6	2.0	2.3	3.4	2.8	2.3	-33.8
	Jequetepeque	1.2	0.9	1.1	2.2	2.8	5.1	9.8	4.2	3.4	-73.8
	Chicama	0.9	0.8	1.5	4.0	4.0	4.0	5.1	4.5	3.1	-79.9
	Santa	52.5	53.2	60.4	106.3	102.4	104.6	144.5	114.5	92.3	-30.6
Pacífico Centro	Pativilca	11.1	11.1	14.2	21.2	20.5	22.6	26.3	26.6	19.2	-54.8
	Huaral	6.9	7.2	7.8	10.2	10.1	15.6	16.7	15.6	11.3	17.5
	Chillón	1.4	1.5	2.0	3.3	3.0	3.3	4.3	4.3	2.9	-38.1
	Rímac	19.1	19.2	19.0	20.3	19.9	21.5	25.8	21.9	20.8	-12.7
	Mala	1.5	1.7	2.1	12.4	12.3	18.8	24.8	20.3	11.7	14.1
	Cañete	14.3	13.7	14.6	21.9	24.8	44.7	65.8	51.7	31.4	-10.1
	Pisco	5.0	1.7	3.9	23.7	20.2	22.0	51.0	23.2	18.8	65.9
Pacífico Sur	Ica	8.1	8.0	9.4	15.7	6.6	5.2	6.2	5.7	8.1	53.2
	Ocoña	21.5	21.6	30.7	58.1	38.9	34.5	117.4	71.6	49.3	1.2
	Locumba	1.9	1.9	2.0	1.9	1.8	1.9	1.9	S/D	1.9	-18.0
	Sama	0.7	1.0	3.4	4.1	1.2	0.9	1.4	1.0	1.7	232.6
	Caplina	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-28.2
Titicaca	Huancane	1.8	1.9	2.0	3.4	2.1	2.0	6.3	S/D	2.8	-68.0
	Ramis	4.8	4.6	4.7	5.1	5.1	4.7	5.1	S/D	4.9	-88.1
	Coata	6.8	8.5	10.2	12.1	9.5	9.7	19.4	S/D	10.9	-68.2
	Ilave	3.7	4.4	S/D	S/D	2.7	2.7	4.2	4.0	3.6	21.4

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

Los principales embalses del país, al 10 de enero, se encuentran almacenando agua a un 35,5 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que para la misma fecha del año se tenía un almacenamiento del 63 % de la capacidad nacional en promedio. Por otro lado, la mayoría de los embalses siguen disminuyendo de forma considerable; no obstante, en Pasto Grande, Aricota y Jarumas se mantienen porcentajes de agua almacenada considerables (Tabla 4).

Tabla 4: Estado situacional de los reservorios al 10 de enero del 2023.

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	10-Ene	Piura	445.50	96.10	21.57
Costa - Norte	San Lorenzo	10-Ene	Piura	195.60	42.60	21.78
Costa - Norte	Tinajones	10-Ene	Lambayeque	331.55	152.80	46.09
Costa - Norte	Gallito Ciego	10-Ene	La Libertad	366.09	69.30	18.93
Costa - Centro	Viconga	10-Ene	Lima	30.00	3.80	12.67
Costa - Centro	Sistema Rímac	15-Dic	Lima, Junin	282.35	89.46	31.68
Costa - Centro	Choclococha	10-Ene	Ica	131.10	35.50	27.08
Costa - Sur	Ccaracocha	10-Ene	Ica	40.00	11.80	29.50
Costa - Sur	Condorama	10-Ene	Arequipa	259.00	52.90	20.42
Costa - Sur	El Pañe	10-Ene	Arequipa	99.61	43.30	43.47
Costa - Sur	Dique Los Españoles	10-Ene	Arequipa	9.09	3.40	37.40
Costa - Sur	Pillones	10-Ene	Arequipa	78.50	28.30	36.05
Costa - Sur	El Frayle	10-Ene	Arequipa	127.24	61.10	48.02
Costa - Sur	Aguada Blanca	10-Ene	Arequipa	30.43	10.60	34.83
Costa - Sur	Chalhuanca	10-Ene	Arequipa	25.00	12.80	51.20
Costa - Sur	Bamputañe	10-Ene	Arequipa	40.00	3.10	7.75
Costa - Sur	Pasto Grande	10-Ene	Moquegua	200.00	139.40	69.70
Costa - Sur	Paucarani	3-Ene	Tacna	10.50	2.89	27.56
Costa - Sur	Laguna Aricota	10-Ene	Tacna	280.00	186.60	66.64
Sierra - Centro	Jarumas	3-Ene	Tacna	13.00	10.48	80.62
Sierra - Centro	Cuchoquesera	10-Ene	Ayacucho	80.00	4.60	5.75
Sierra - Sur	Lago Junin	10-Ene	Junin	441.00	32.60	7.39
Sierra - Sur	Lagunillas	10-Ene	Puno	585.13	378.50	64.69
Sierra - Sur	Sibinacocha	10-Ene	Cusco	110.00	23.00	20.91
Situación Nacional				4210.69	1494.93	35.50

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos. Elaboración: ANA.

3.4. Condiciones agrometeorológicas

En los valles frutícolas de Piura y Lambayeque, las temperaturas diurnas y nocturnas entre normales a más cálidas de lo habitual fueron favorables para la fructificación y maduración del mango. En cuanto al cultivo de arroz, en el valle Chancay- Lambayeque (región Lambayeque), las temperaturas diurnas normales propiciaron el crecimiento vegetativo de almácigos y el trasplante al campo definitivo. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas diurnas y nocturnas en torno a sus normales propiciaron la fase de fructificación del olivo acorde a su estacionalidad.

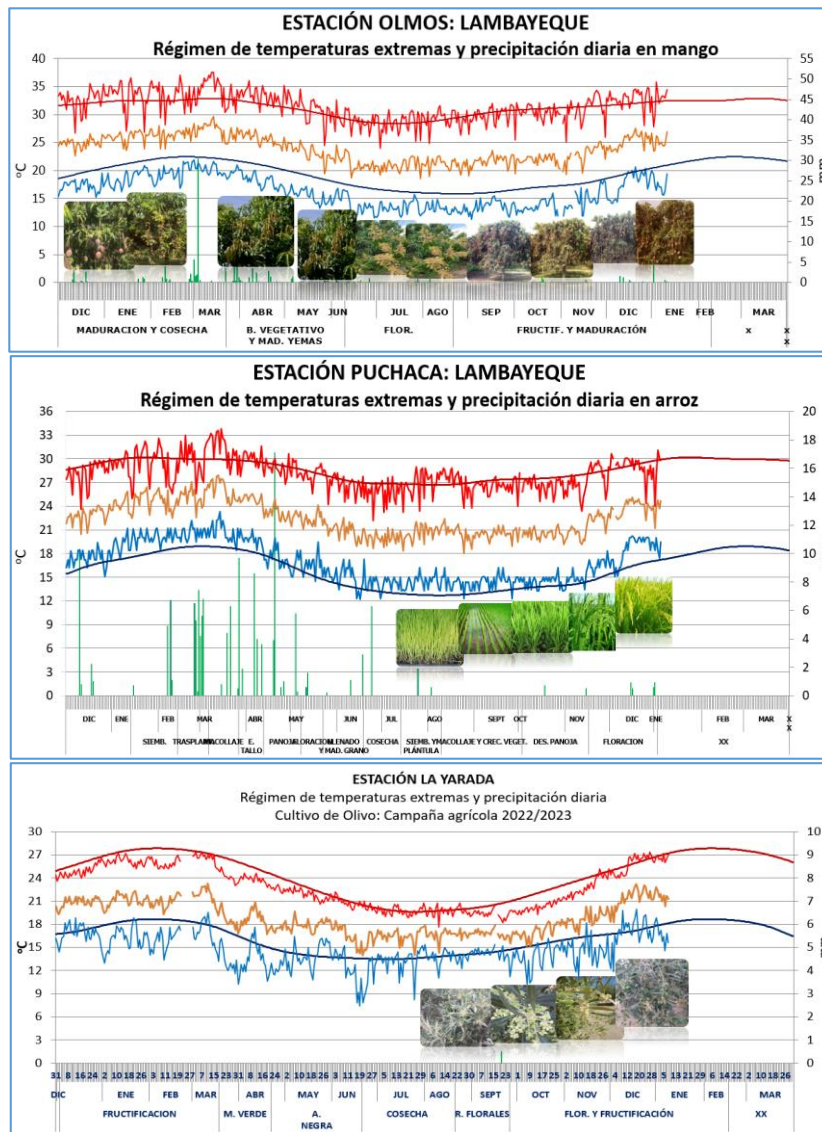


Figura 28. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023. Fuente: SENAMHI.

IV. PERSPECTIVAS

El promedio de los pronósticos de los modelos climáticos del NMME continúan indicando la presencia de La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) hasta enero de 2023, seguidas de condiciones neutras hasta mayo. A partir del trimestre MJJ, los modelos muestran condiciones cálidas (Tabla 5).

Tabla 2: Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4). Fuente: IGP.

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.83	-0.59	-0.27	-0.03	0.10	0.21	0.37	0.56
CanCM4i	-0.65	-0.28	0.09	0.38	0.63	0.93	1.21	1.35
GEM5_NEMO	-0.83	-0.71	-0.55	-0.37	-0.17	0.02	0.13	0.17
NASA	-0.71	-0.38	0.03	0.41	0.69	0.94	1.17	1.34
GFDL_SPEARE	-0.52	-0.14	0.16	0.41	0.65	0.90	1.06	1.11
NCAR_CCSM4	-0.90	-0.76	-0.53	-0.29	-0.09	0.13	0.35	0.50
Promedio								
NMME	-0.74	-0.48	-0.18	0.09	0.30	0.52	0.72	0.84

Con respecto a la región Niño 1+2, los pronósticos del ICEN muestran condiciones neutras hasta finales del verano, para luego entrar al rango de las condiciones cálidas a partir del trimestre centrado en abril (Tabla 6).

Tabla 3: Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP.

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.59	-0.39	0.02	0.41	0.85	1.16	1.27	1.11
CanCM4i	-0.31	-0.04	0.26	0.65	1.18	1.65	1.79	1.55
GEM5_NEMO	-0.56	-0.37	-0.13	-0.02	0.04	0.14	0.18	0.18
NASA	-0.42	-0.03	0.58	1.28	1.82	2.14	2.23	2.23
GFDL_SPEARE	-0.08	0.35	0.75	1.13	1.45	1.68	1.76	1.79
NCAR_CCSM4	-0.82	-0.68	-0.22	0.27	0.74	1.07	1.09	0.98
Promedio								
NMME	-0.46	-0.19	0.21	0.62	1.01	1.31	1.39	1.31

Analizando las proyecciones basadas en los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se prevé que el núcleo de la onda cálida arribe a la costa peruana en la siguiente semana, aunque con menor intensidad de la observada actualmente. Esto continuaría afectando principalmente el nivel del mar. Por otro lado, se espera el arribo de una onda de Kelvin fría en febrero. Mientras que, la onda Kelvin cálida localizada en la zona occidental, formada por la reflexión de una onda Rossby, de no darse cambios en su desarrollo y desplazamiento, arribaría en marzo (Figura 29, 30 y 31).

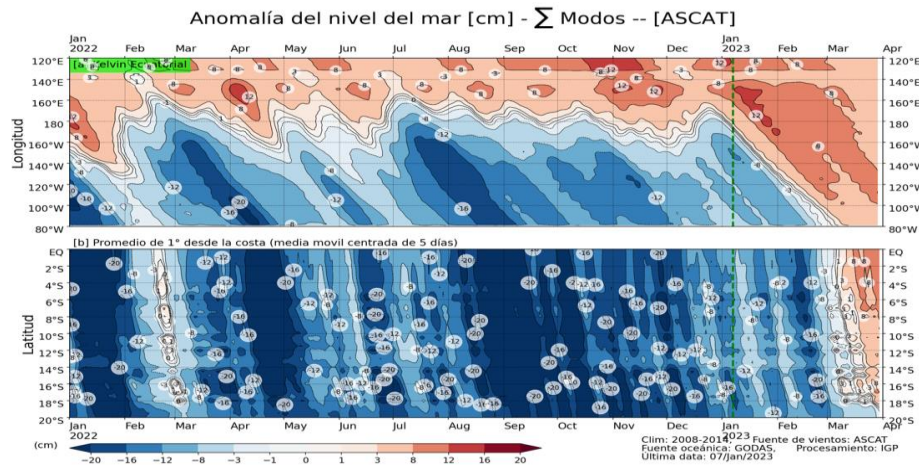


Figura 29. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

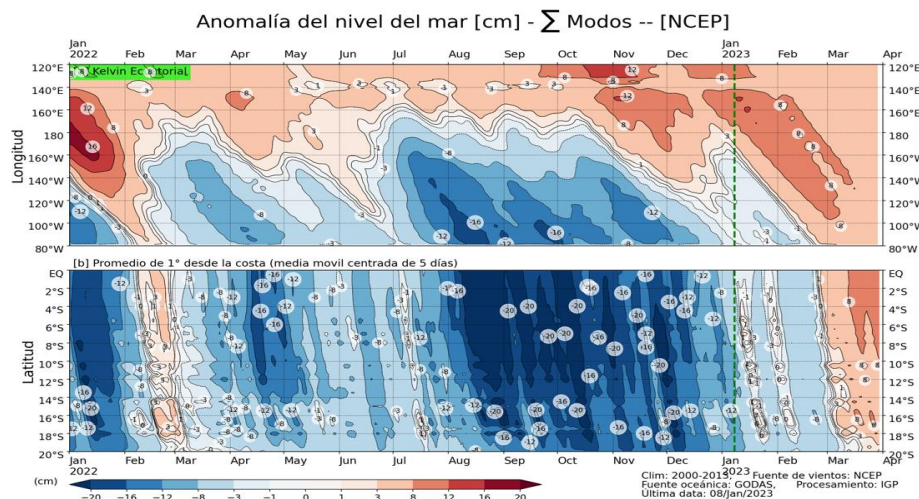


Figura 30: Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada NCEP. Fuente: IGP.

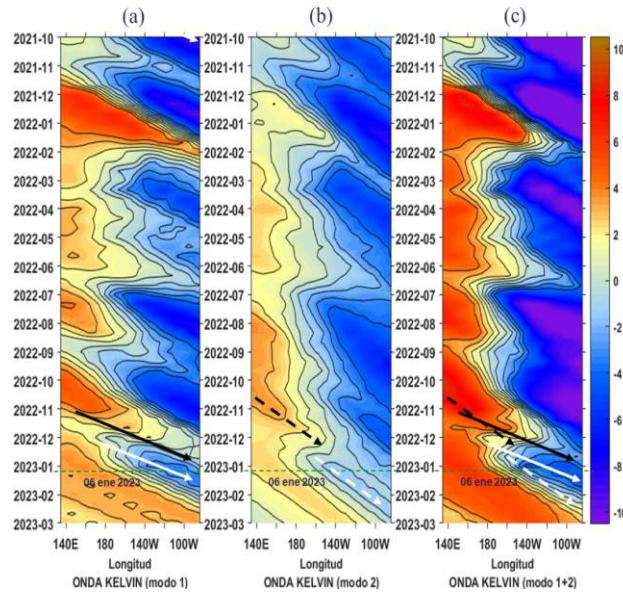


Figura 31. Diagrama Hovmöller (longitud-tiempo) de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “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 81 a 51 %) de que en el Pacífico central continúe presente el evento de La Niña, con una magnitud débil hasta febrero de 2023 (Tabla 7 y Figura 32).

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

Pacífico central	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	6	1	0	0	0	0
Fría débil	75	50	35	7	2	1
Neutro	19	49	63	78	66	61
Cálida débil	0	0	2	15	30	35
Cálida moderado	0	0	0	0	2	3
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad que las condiciones neutras se mantengan, y se extiendan, en promedio, hasta junio de 2023 (Tabla 8 y Figura 32). Cabe indicar que la probabilidad de las condiciones cálidas débiles alcanzaría el 35 % de probabilidad en mayo y junio.

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

Pacífico oriental	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0	0
Fría débil	18	14	5	1	1	1
Neutro	75	75	63	71	59	57
Cálida débil	7	11	26	25	35	35
Cálida moderado	0	0	6	3	5	7
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0	0	0

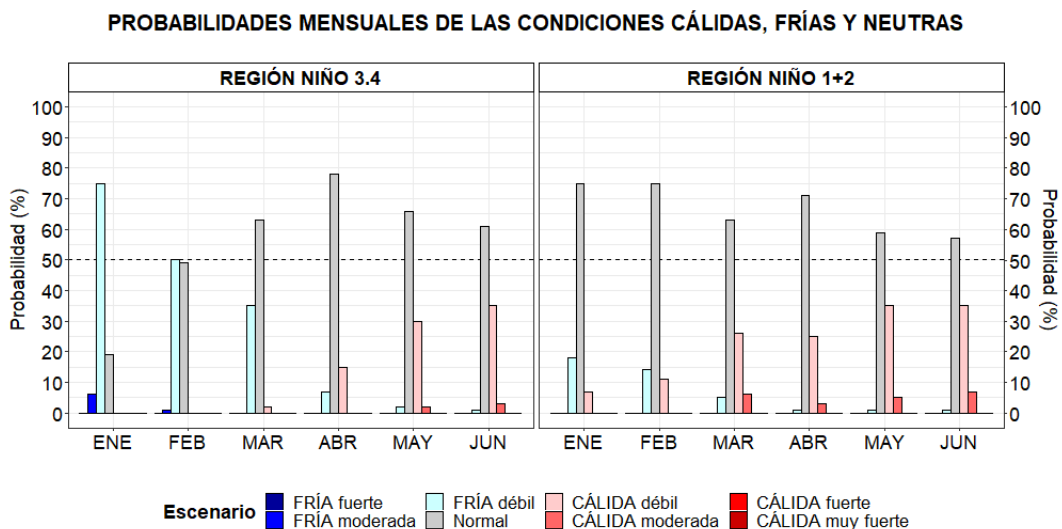


Figura 32. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, frías y neutras en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre enero y junio 2023.

De acuerdo al pronóstico estacional vigente para el trimestre enero-marzo de 2023³, se prevé precipitaciones superiores a lo normal en la sierra nororiental, central y suroccidental, así como en la selva norte y centro; en el resto del país, las condiciones, en promedio, serían normales, pero no se descartan posibles eventos localizados de lluvias de moderada a fuerte intensidad y de corta duración en la costa norte. Finalmente, se esperan que las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa, en promedio, presenten valores dentro de lo normal.

En relación con la anchoveta se prevé que, de acuerdo con las condiciones ambientales actuales y su proyección hasta febrero 2023, continúe presentando una distribución amplia, específicamente en la zona norte-centro. En cuanto a las especies transzonales, se prevé que continúe la disponibilidad de bonito, jurel, caballa, perico y otros recursos oceánicos de acuerdo a su estacionalidad.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado del sistema de alerta “**No Activo**”, debido a que es más probable que la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, continúe en un escenario de condición neutra, en promedio, hasta mediados de otoño. Cabe resaltar que no se descarta que en marzo se desarrolle un calentamiento en la región norte.

Por otro lado, en la región del Pacífico central, es más probable que La Niña continúe hasta febrero de 2023 con una magnitud débil.

Se recomienda a los tomadores de decisión tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo de acuerdo al pronóstico estacional vigente para fines de prevención y reducción del riesgo de desastres.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. La emisión del próximo informe técnico será el 16 de febrero de 2023.

³ Pronóstico climático EFM 2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-30.pdf>

VI. REFERENCIAS

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15 th Edition, USA.
- Behringer, D.W., and Y. Xue, 2004: Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean. Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface, AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington, 11-15. Derber, J.C., and A. Rosati, 1989: A global oceanic data assimilation system. *J. Phys. Oceanogr.*, 19, 1333-1347.
- 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>
- Bentamy A. S. A.Grodko, A. Elyouncha, B. Chapron, F. Desbiolle, 2016. Homogenization of Scatterometer Wind Retrievals, *Int. J. Climatol.* doi:10.1002/joc.
- Boulangier, J.-P., & C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.
- Buitrón B., A. Perea, J. Mori, J. Sánchez, C. Roque. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 38: 373-384
- Carton, J. A., and B. S. Giese (2008), A reanalysis of ocean climate using Simple Ocean Data Assimilation (SODA), *Mon. Weather Rev.*, 136, 2999– 3017.
- Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 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. *Geoph. Res. Lett.*, vol. 29, no. 14, 1666, 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)
- Duan, W. and Wei, C. 2013. The ‘spring predictability barrier’ for ENSO predictions and its possible mechanism: results from a fully coupled model. *Int. J. Climatol.*, 33: 1280-1292. <https://doi.org/10.1002/joc.3513>
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN. 2 pp.

- ENFEN, 2015. Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN. 7 pp.
- Huang, B., Peter W. Thorne, et.al. 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5), Upgrades, validations, and intercomparisons. *J. Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1
- Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000. *J. Geophys. Research*, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.
- Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1
- Lavado-Casimiro, Waldo y Espinoza, Jhan Carlo. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia* [online]. 2014, v. 29, n. 2 [Accedido 1 Setiembre 2021], pp. 171-182. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>>. Epub 04 Jul 2014. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, 55 pp.

- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, enero, 1, 1, 4-7.
- Okumura, Y. M., DiNezio, P., & Deser, C. (2017). Evolving impacts of multiyear La Niña events on atmospheric circulation and U.S. drought. *Geophysical Research Letters*, 44, 11,614–11,623. <https://doi.org/10.1002/2017GL075034>
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C y J Ramos. 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. *Inf Int. Mar Perú*, 44(1): 28-34.
- SENAMHI. 2021. INFORME TÉCNICO N°08-2021/SENAMHI-DMA-SPC. "ESCENARIO PROBABILÍSTICO DE LLUVIAS PARA EL VERANO 2022". Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-2.pdf>
- Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.-C., Vuille, M. and Lavado-Casimiro, W. (2018), Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *Int. J. Climatol*, 38: 420-435. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>
- Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, febrero, 1, 2, 8-9.
- Tokinaga, H., Richter, I., and Kosaka, Y. (2019). ENSO Influence on the Atlantic Niño, Revisited: Multi-Year versus Single-Year ENSO Events. *Journal of Climate* 32, 14, 4585-4600, available from: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0683.1>
- Urbina, B. y K. Mosquera, 2020. Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 01, pag. 13-20.
- Vazzoler A E.1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.
- Wentz, F.J., L.Ricciardulli, C.Gentemann, T. Meissner, K.A. Hilburn, J. Scott, 2013: Remote Sensing Systems Coriolis WindSat [indicate whether you used Daily, 3-Day, Weekly, or Monthly] Environmental Suite on 0.25 deg grid, Version 7.0.1, [indicate subset if used]. Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA. Available online at www.remss.com/missions/windsat.

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 Bujías de Pesca	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

