

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N° 12

DICIEMBRE DE 2021

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:

Dra. Carmen Rosario Yamashiro Guinoza

Presidenta del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Vice-Presidente:

Calm. Roberto Sandro Jiménez Torreblanca

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. Patricio Alonso Valderrama Murillo

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

Ing. Roberto Salazar Gonzales)

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez Lazo

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

General (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 Grupo Técnico del ENFEN: Grinia Avalos Roldán

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

SENAMHI: Grinia Avalos, Nelson Quispe, Andrés Rodríguez, Yury Escajadillo, Glicerio Canchari, Tania Ita, Vannia Aliaga y Félix Cubas

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi y Renzo Adrianzen

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca

INDECI: Jakie Rojas, Miguel Yamasaki

CENEPRED: Ena Jaimes

Año: 7

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), 2021.

Informe Técnico ENFEN. Año 7, N° 12, diciembre de 2021, 39 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.



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

Diciembre 2021

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 2021	9
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	9
3.2.	Condiciones océano atmosféricas locales	13
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico pesqueras	24
3.4.	Condiciones hidrológicas	26
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	29
IV.	PERSPECTIVAS.....	30
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
VI.	REFERENCIAS.....	35
VII.	ANEXO	38

I. INTRODUCCIÓN

El Niño - Oscilación Sur (ENOS) en sus dos fases, El Niño y La Niña, tiene repercusiones más intensas en algunas zonas del mundo, como es el caso de Perú, donde el efecto en las precipitaciones puede darse en gran parte del territorio nacional. Por ejemplo, en la fase El Niño, y en el contexto del denominado 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 este 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 y sudoriental, así como de la dinámica subsuperficial de parámetros oceanográficos, con mayor atención en la zona costera de Perú. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, al igual que la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Asimismo, se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

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

Índices reproductivos de la 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 (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 se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial y se trabaja con dos tipos de termoclina, constante o variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WindSAT (Wentz et al., 2013) obtenidos de <http://www.remss.com/missions/windsat/>. 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) el promedio de los últimos treinta 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 vientos del *reanalysis* NCEP (Kalnay et al. 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). 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 a lo largo de 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 tres fuentes de datos: 1) vientos del *reanalysis* atmosférico de NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996), 2) vientos del *scatterometer* ASCAT (Bentamy et al. 2008) y 3) el producto denominado BLENDED (Bentamy et al. 2016), que es la combinación de varias fuentes de viento satelital (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. 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

Se usa 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 la comisión multisectorial del ENFEN, quienes además de evaluar los resultados de los MCG aportan con sus modelos conceptuales y estudios retrospectivos que permiten inferir escenarios de pronóstico, los cuales son discutidos, consensuados y plasmados en probabilidades porcentuales de ocurrencia de distintas categorías de las condiciones oceanográficas (frías a cálidas) en las regiones del Pacífico central (Niño 3.4)¹ y Pacífico oriental (Niño 1+2)², 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 DICIEMBRE DE 2021

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial la TSM mantuvo anomalías negativas con valores de hasta -1°C , al este de los 180° . Sólo en el extremo occidental sus anomalías fueron positivas, alcanzando valores de hasta $+1^{\circ}\text{C}$. Por regiones Niño, en Niño 3.4 la anomalía promedio fue de $-1,06^{\circ}\text{C}$ para diciembre y $-1,1^{\circ}\text{C}$ para los primeros diez días de enero de 2022; y en la región Niño 1+2 de $-1,63^{\circ}\text{C}$ y $-0,9^{\circ}\text{C}$ en los mismos periodos (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1: Valores promedio de la TSM y sus anomalías en las regiones Niño en los últimos 6 meses.
Fuente: (ERSSTv5), elaborado por DIHIDRONAV

TSM-ATSM mensual 2021				
R. Niño	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
Julio	21.75 -0.21	25.49 -0.32	26.91 -0.38	28.68 -0.22
Agosto	20.71 -0.29	24.65 -0.47	26.34 -0.51	28.54 -0.25
Setiembre	20.06 -0.66	24.45 -0.45	26.15 -0.56	28.23 -0.53
Octubre	20.18 -0.84	24.20 -0.78	25.77 -0.95	28.04 -0.72
Noviembre	20.55 -1.11	24.09 -1.02	25.76 -0.94	27.99 -0.71
Diciembre	21.18 -1.63	24.01 -1.22	25.54 -1.06	27.75 -0.79

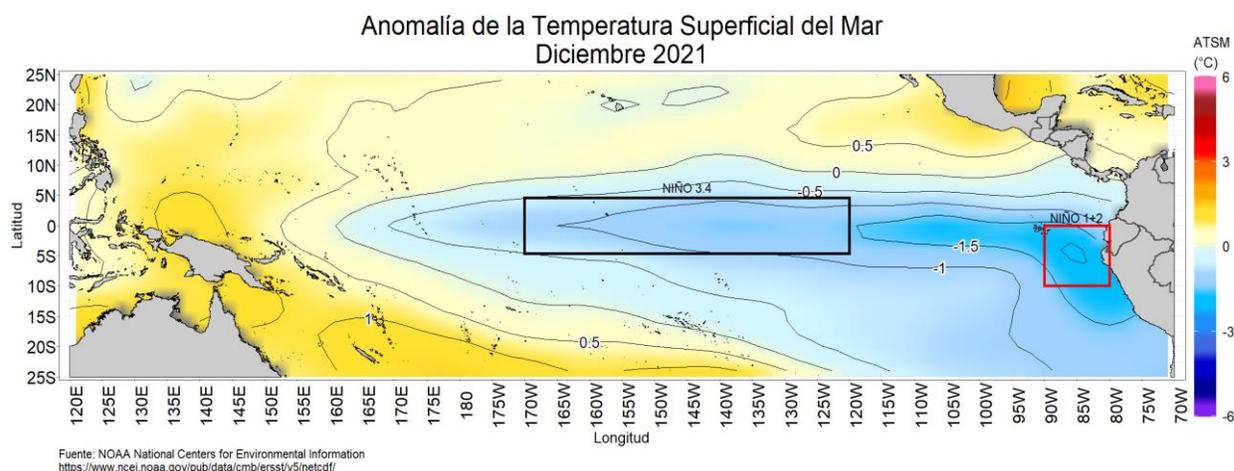


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico en diciembre de 2021. La región Niño 3,4 está delimitada con el recuadro negro y la región Niño 1+2 está delimitada con el recuadro rojo. Fuente: ERSST v5. Procesamiento: DIHIDRONAV.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de noviembre de 2021 indica condiciones frías débiles; y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de diciembre, condiciones frías moderadas. Por otro lado, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de noviembre indica condiciones frías débiles, mientras que los ONI temporales (ONI-tmp) de diciembre y enero indican condiciones frías moderadas³ (Tabla 2).

Tabla 2: Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de diciembre de 2020 hasta noviembre de 2021, así como los valores temporales de diciembre y enero. Fuente IGP.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
dic-20	-0,88	Neutro	-1,19	Fría Moderada
ene-21	-0,86	Neutro	-1,06	Fría Moderada
feb-21	-0,83	Neutro	-0,94	Fría Débil
mar-21	-0,81	Neutro	-0,85	Fría Débil
abr-21	-0,76	Neutro	-0,67	Fría Débil
may-21	-0,59	Neutro	-0,47	Neutro
jun-21	-0,34	Neutro	-0,35	Neutro
jul-21	-0,22	Neutro	-0,37	Neutro
ago-21	-0,36	Neutro	-0,46	Neutro
set-21	-0,59	Neutro	-0,67	Fría Débil
oct-21	-0,83	Neutro	-0,8	Fría Débil
nov-21	-1,18	Fría Débil	-0,98	Fría Débil
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
dic-21	-1,34	Fría Moderada	-1,08	Fría Moderada
ene-22	-1,35	Fría Moderada	-1,23	Fría Moderada

Según la información observada y la salida de los modelos numéricos de ondas, en el Pacífico ecuatorial una onda Kelvin cálida de débil intensidad habría arribado a la costa americana en diciembre de 2021. Por otro lado, una onda Kelvin fría se encuentra muy cerca de la costa americana, mientras que otra onda Kelvin cálida continúa su desplazamiento hacia la costa americana y, en la actualidad, se localiza en 140°W (Figura 2).

³ Los valores del ICEN caracterizan la región centro y norte del mar peruano, mientras que los del ONI, la región Niño 3.4.

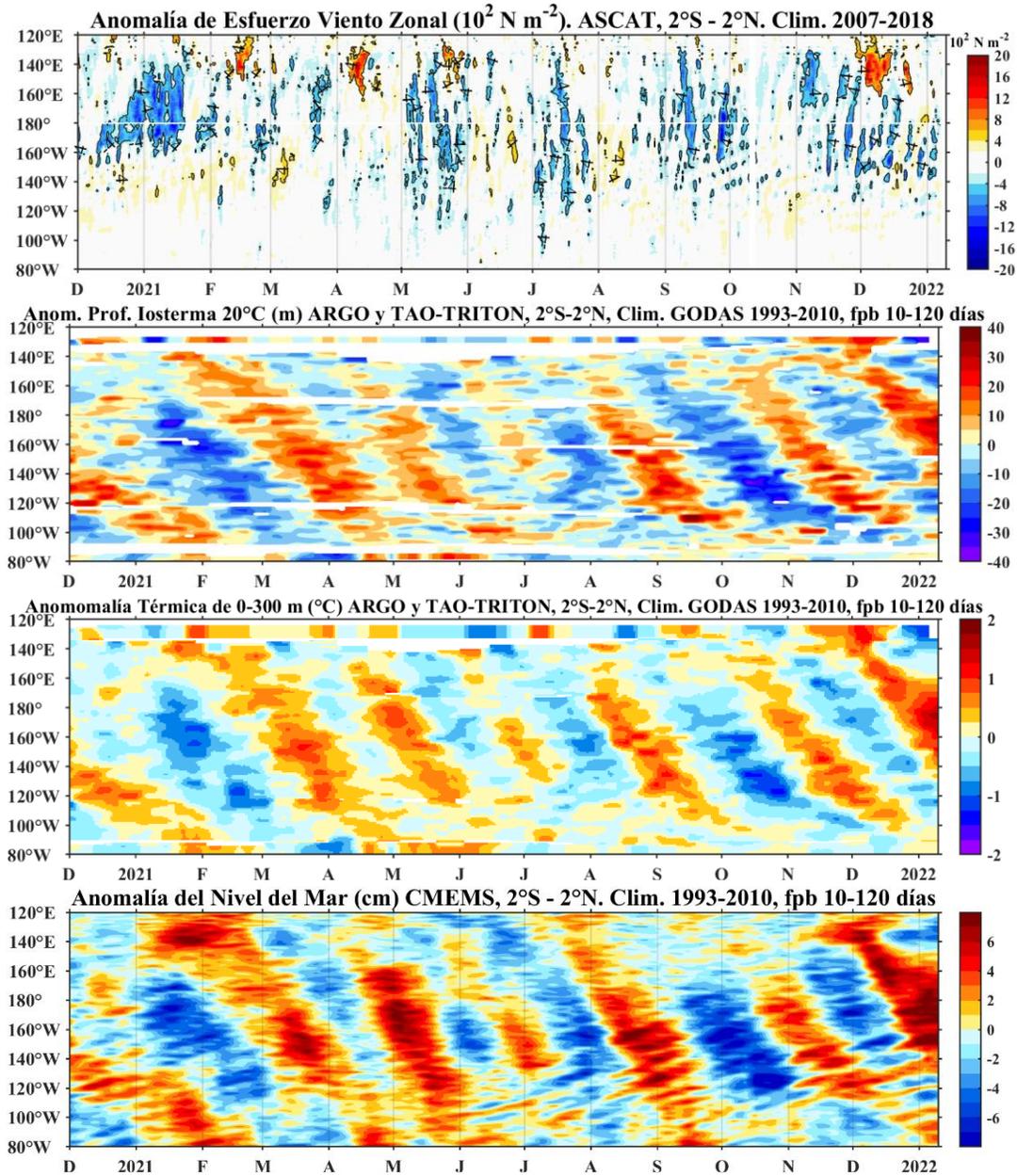


Figura 2: Diagrama Hovmöller: a) anomalía del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) con filtro pasa banda de 10 a 120 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía de temperatura de 0 a 300 m de profundidad ($^\circ\text{C}$) con filtro pasa banda de 10 a 120 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, d) anomalía del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa banda de 10 a 120 días, fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2010; en el Pacífico ecuatorial ($120^\circ\text{E}-80^\circ\text{W}$ y $2^\circ\text{N}-2^\circ\text{S}$). Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE

Sobre el Pacífico ecuatorial, en niveles altos de la tropósfera (200 hPa), continuaron predominando los vientos del oeste, con mayor intensidad respecto al mes anterior, inhibiendo la convección al noroeste de Sudamérica. En niveles bajos de la

tropósfera (850 hPa) y, sobre el Pacífico central, los vientos alisios se debilitaron respecto a noviembre, mientras que al oeste de 180° predominaron vientos anómalos del oeste, favoreciendo al debilitamiento de anomalías negativas de la TSM en dicha región (Figura 3).

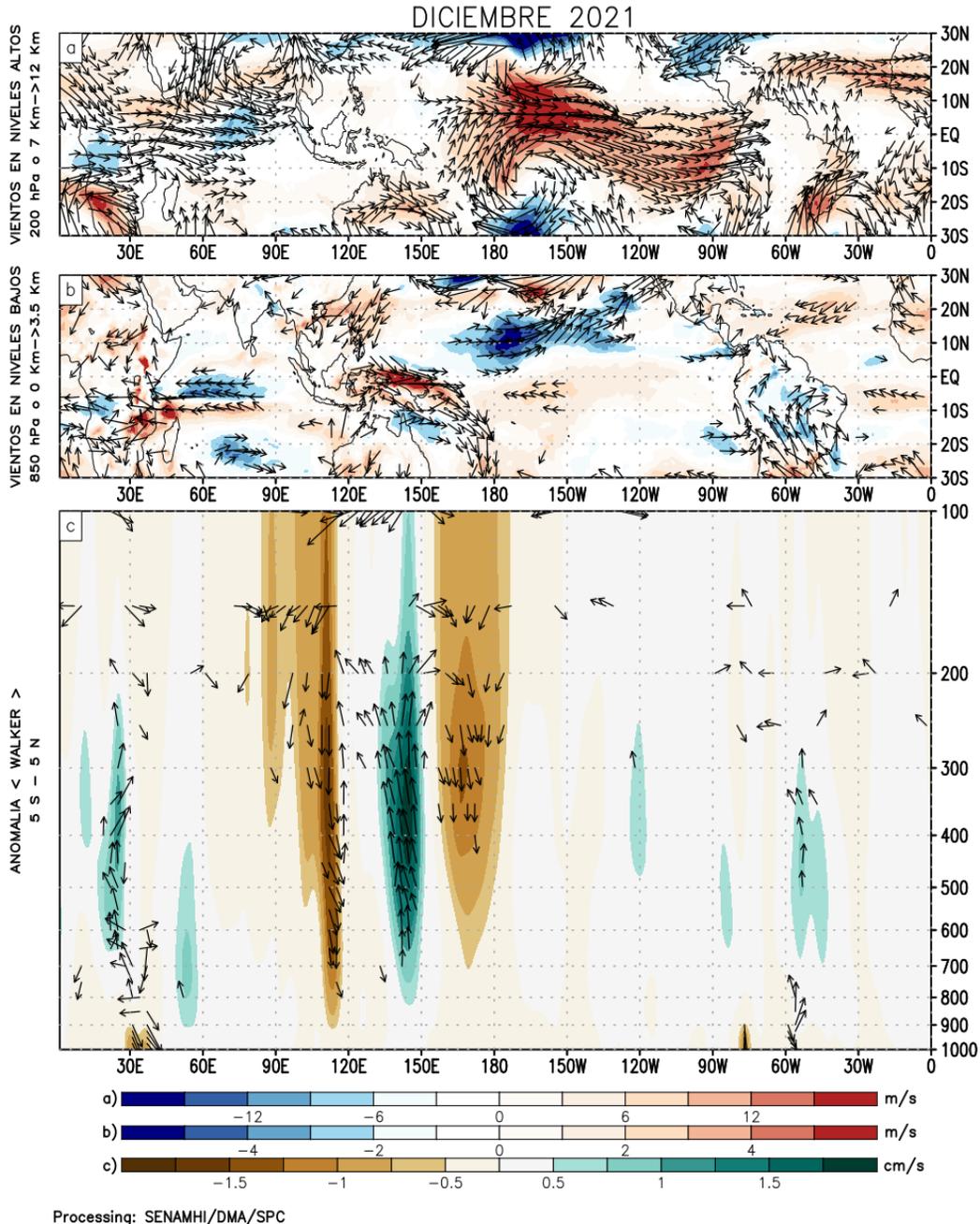


Figura 3: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para diciembre de 2021, (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para diciembre de 2021. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se presentó menos intenso respecto al mes anterior, con un núcleo de hasta 1024 hPa y una configuración predominantemente zonal. Esta condición no permitió la intensificación de vientos del sur frente al litoral y fue favorable para la ocurrencia de algunos días con brillo solar en la franja costera. La posición del APS al sur de lo habitual, limitó el aporte de los vientos alisios en el Pacífico central (Figura 4), por primera vez en varios meses.

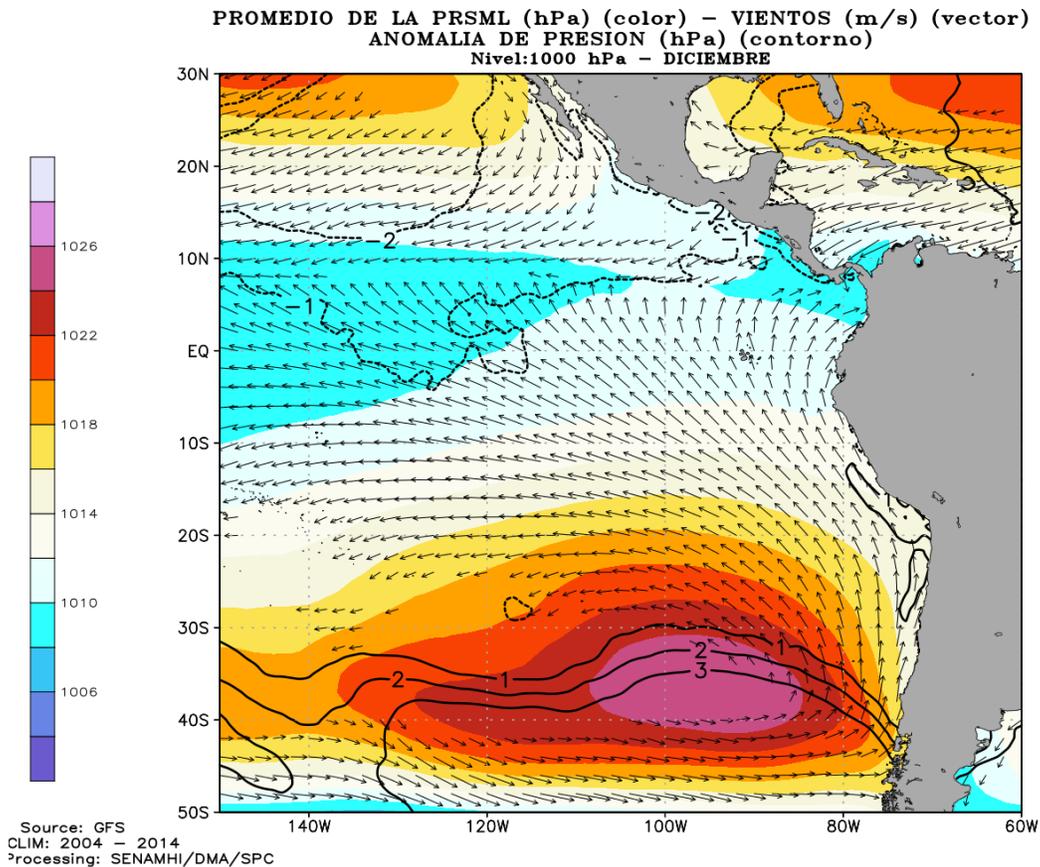


Figura 4: Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) con su anomalía (línea de contorno) y vientos (flechas) para diciembre 2021. Procesamiento: SENAMHI

3.2. Condiciones océano atmosféricas locales

En la franja costera adyacente al litoral peruano, se registraron vientos entre 4,1 y 6,8 m.s⁻¹, incluso menores a 4,1 m.s⁻¹ durante todo el período, con episodios de debilitamiento anómalo, principalmente en la franja costera peruana, entre el 01 y 10 de diciembre, del 21 al 25 de diciembre, y en los primeros diez días de enero de 2022, mientras que entre los días 11 a 20 de diciembre se presentaron vientos moderados, tanto en la zona costera como oceánica (Figura 5). La actividad del afloramiento costero peruano se debilitó desde Sechura hasta Tacna (Figura 6),

aunque el gradiente costa-océano del viento fue favorable para mantener las condiciones frías de la columna de agua.

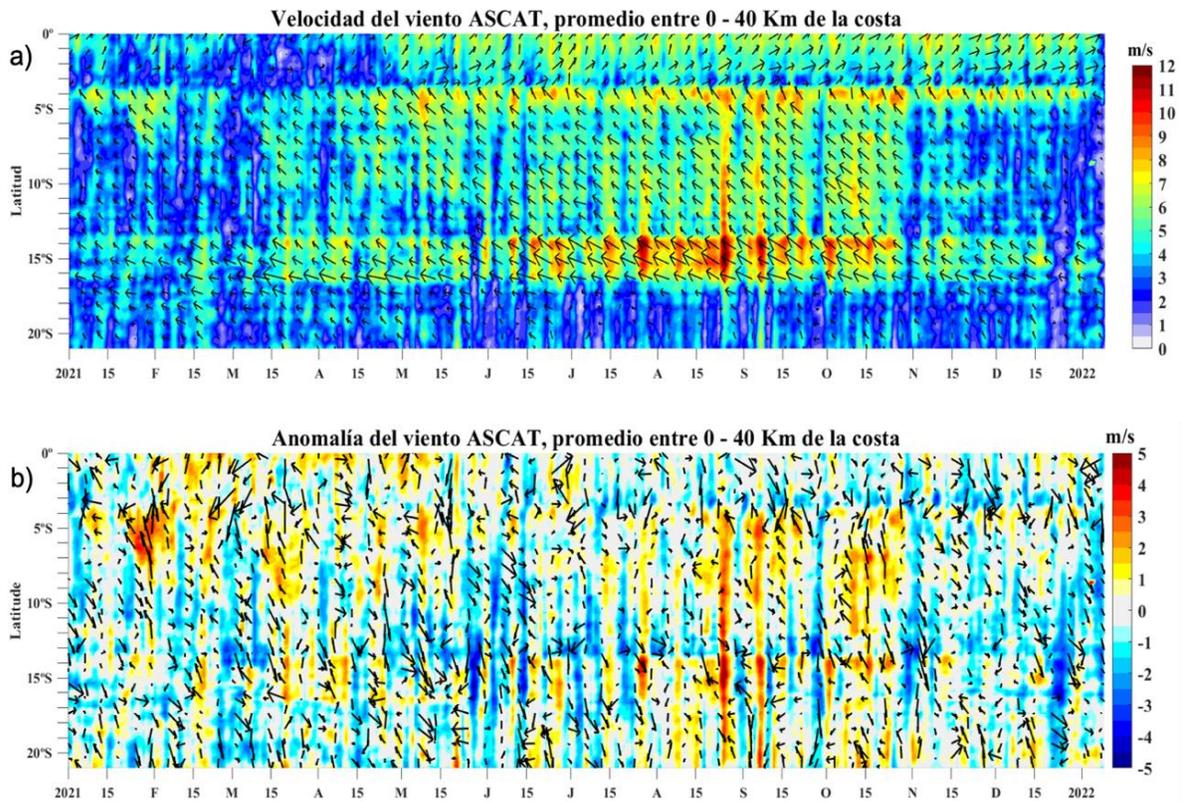


Figura 5: Diagrama Hovmöller de (a) la velocidad del viento (VV), y (b) la anomalía de la VV a lo largo de la costa peruana. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizado hasta inicios de enero.

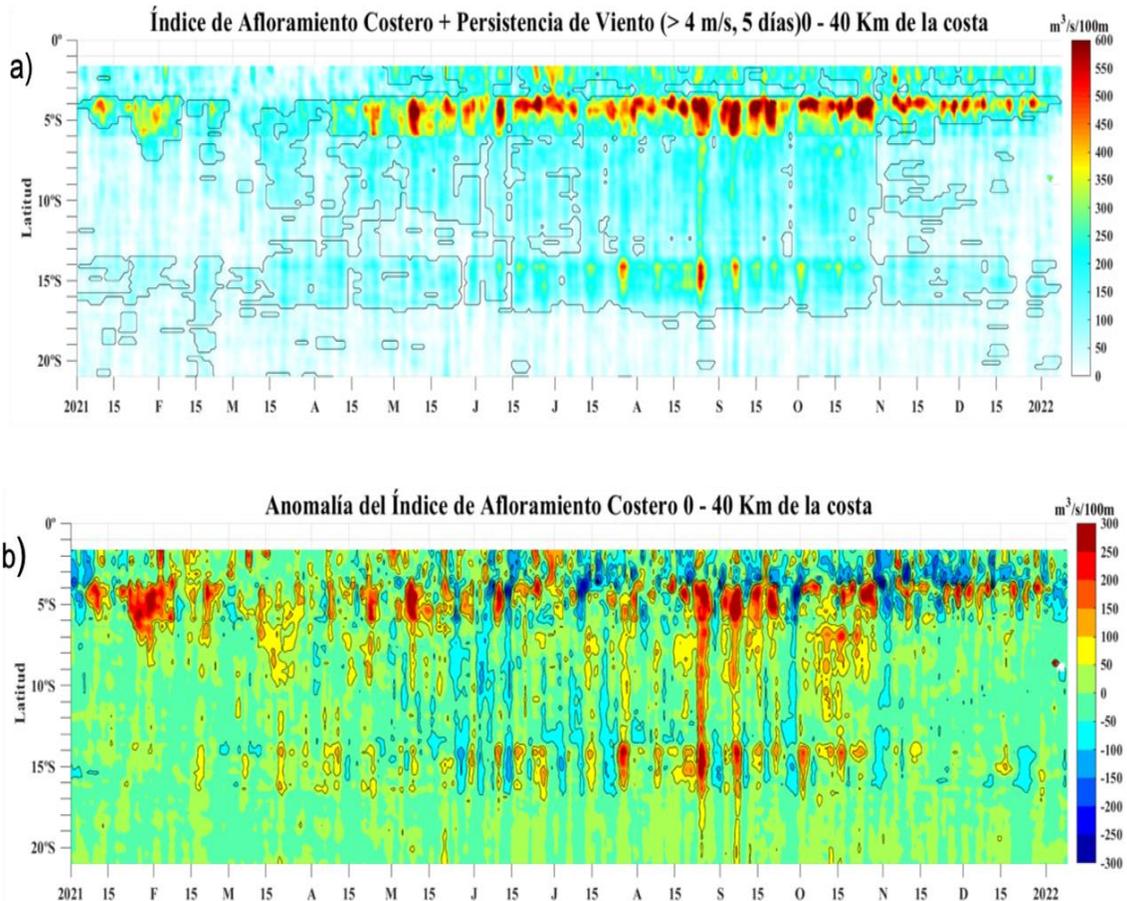


Figura 6: Diagrama Hovmöller del (a) índice de afloramiento costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$), y (b) anomalía del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$) a lo largo de la costa peruana. El IAC en (a), fue calculado a 40 km frente a la costa del Perú y los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad $> 4 \text{ m s}^{-1}$ durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizado hasta inicios de enero.

Durante diciembre, en promedio, las temperaturas máximas del aire en la costa norte presentaron valores alrededor de su normal; mientras que, en la costa centro y sur predominaron condiciones frías con anomalías promedio de $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ y $-1,3 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Sin embargo, las temperaturas mínimas, continuaron oscilando alrededor de su variabilidad climática ($\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). En lo que va de enero, las temperaturas máximas a lo largo de la costa se encuentran alrededor de su normal; mientras que, la temperatura mínima en la costa norte y sur presenta anomalías negativas de $-1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $-1,3 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente; y la costa central, valores cercanos a su normal (Figura 7).

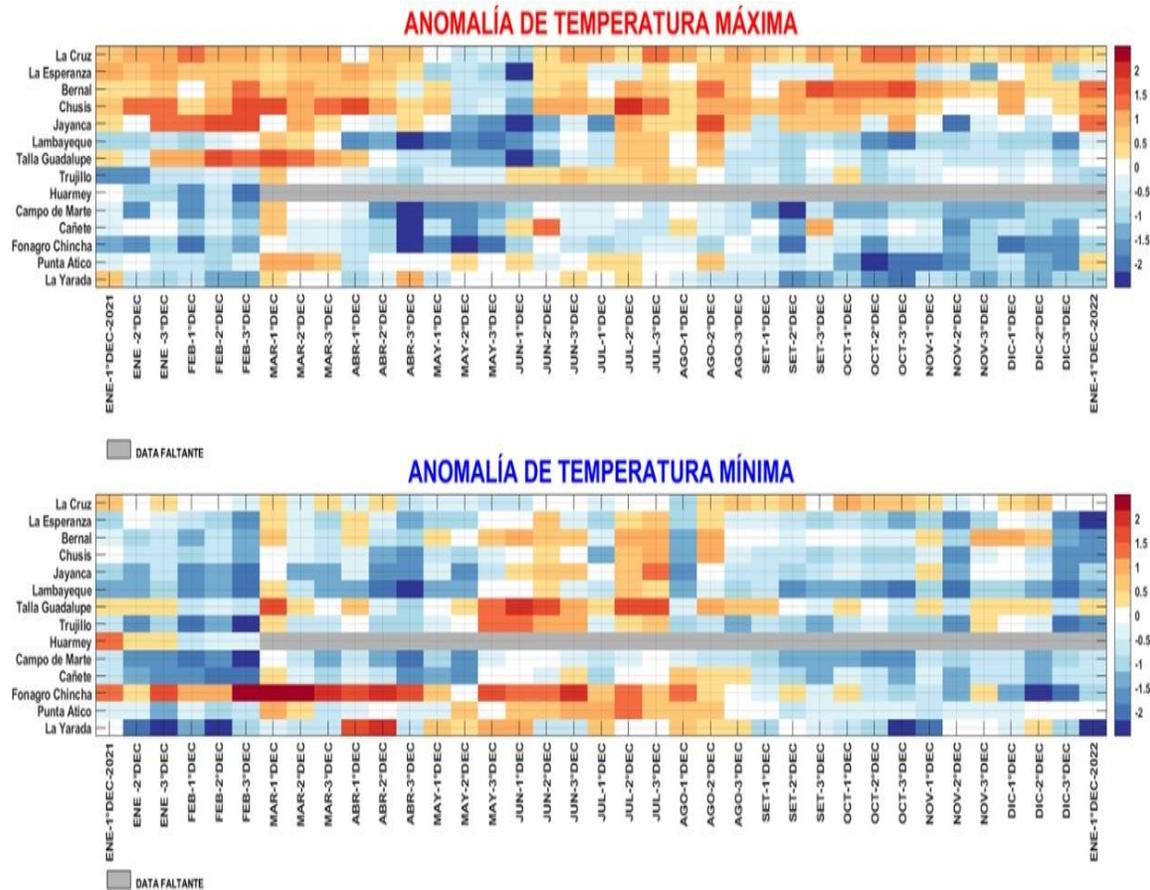


Figura 7: Temperaturas del aire máxima y mínima en las estaciones costeras de SENAMHI desde diciembre 2020 hasta diciembre del 2021 Fuente: SENAMHI.

Para el mes de diciembre la TSM en el mar peruano presentó valores entre 17 °C y 21 °C, con anomalías promedio de -1,5 °C y -0,5 °C dentro y fuera de las 50 millas de la costa, respectivamente. En lo que va de enero, las anomalías disminuyeron a cero por fuera de las 50 millas de la costa. En el litoral norte las anomalías negativas de diciembre alcanzaron valores diarios de -1,5 °C; en tanto que, en el litoral centro y sur, de -0,5 °C; solo en Ilo la anomalía cambió de negativa a positiva (+1 °C) en la última semana de diciembre. Para lo que va de enero, las anomalías negativas aumentaron en Talara y Paita hasta -2,5 °C y tendieron a debilitarse entre Islas Lobos a Callao a -1 °C; mientras que en el litoral sur presentaron valores cercanos de cero (Figuras 8 y 9).

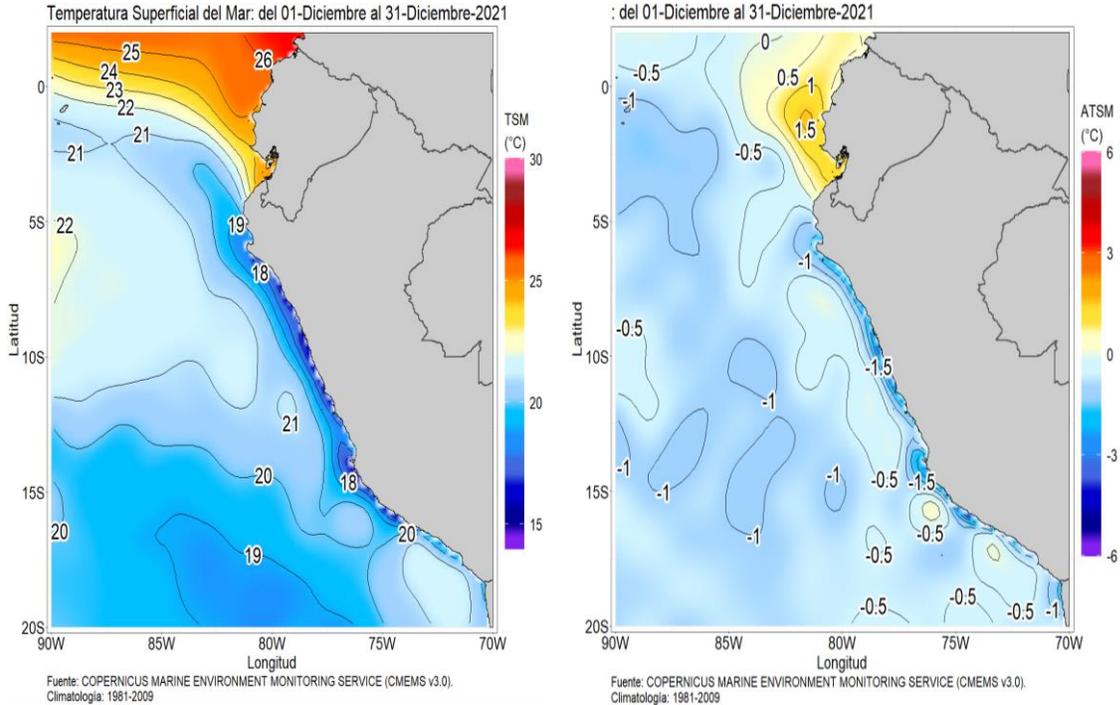


Figura 8: a) TSM promedio mensual (noviembre 2021); b) Anomalia de TSM promedio mensual. Noviembre 2021 y c) b) Anomalia de TSM promedio mensual. Del 1-31 de diciembre 2021 Fuente: Ostia. Climatología 1981 – 2010. Procesamiento: DIHIDRONAV.

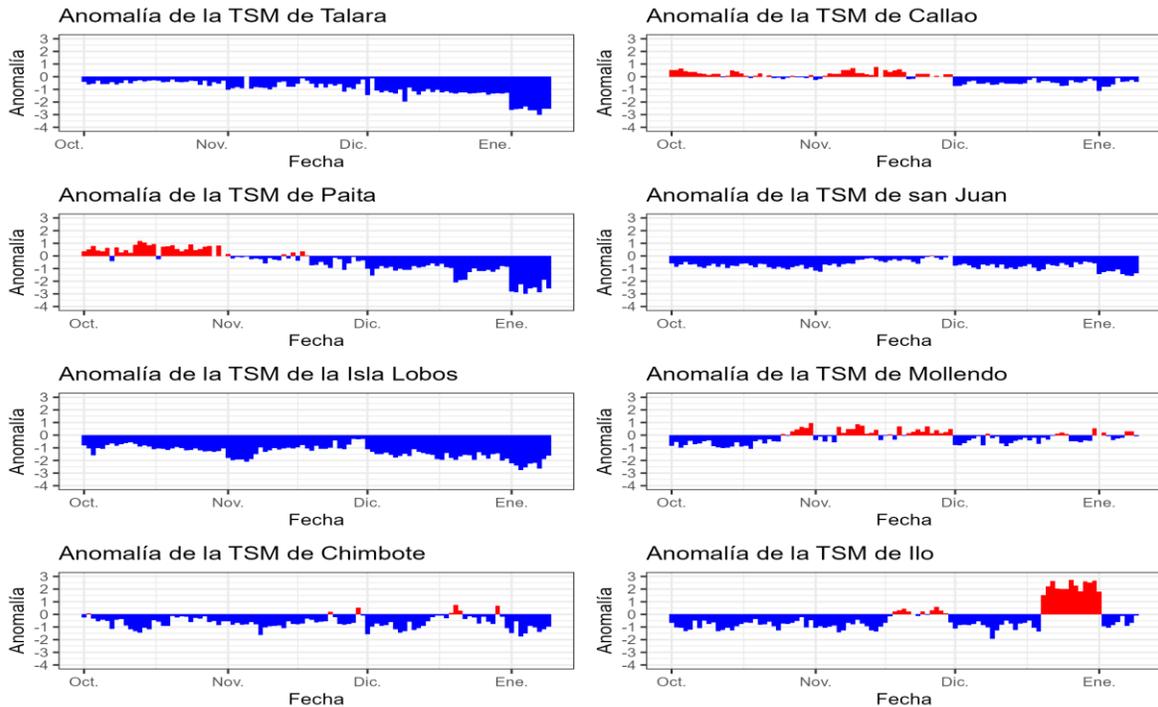


Figura 9: Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 3 meses hasta el 10 de enero. Fuente: DHN.

En la primera quincena de diciembre, se registró un incremento de las anomalías del nivel del mar (NM) tanto en el litoral como dentro de la franja de 60 millas adyacente a la costa, lo que se asocia al paso de la onda Kelvin cálida de norte a sur. Sin embargo, en las dos últimas semanas de diciembre y en lo que enero las anomalías en el litoral se mantuvieron por debajo del nivel medio, en correlato con las condiciones frías predominantes. Estos descensos fueron significativos, alcanzando anomalías de -15 cm en el norte (Talara). (Figuras 10 a y 10 b).

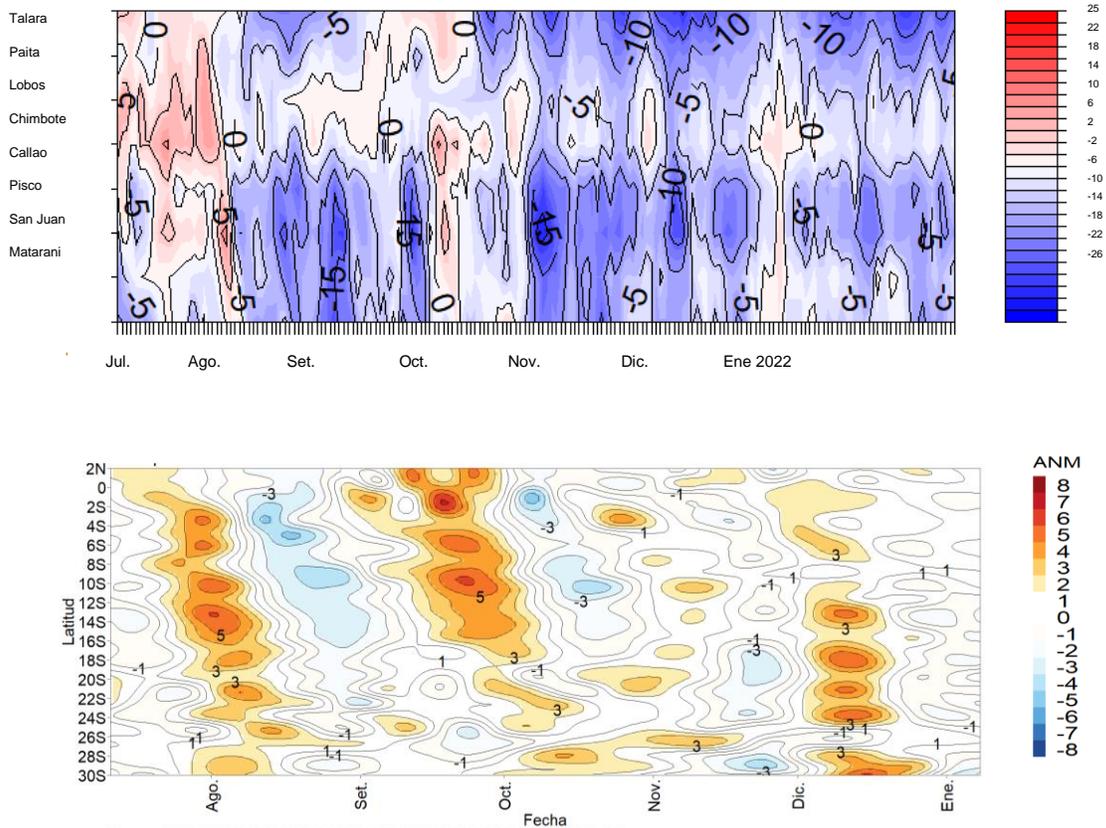


Figura 10: Diagrama Hovmöller de anomalía de NM diaria a) En el litoral peruano, de julio 2021 a enero de 2022, Climatología: 1981-2010, Fuente: DIHIDRONAV b) Dentro de las 60 millas de la costa. Actualizado al 10 de enero de 2022. CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: DIHIDRONAV

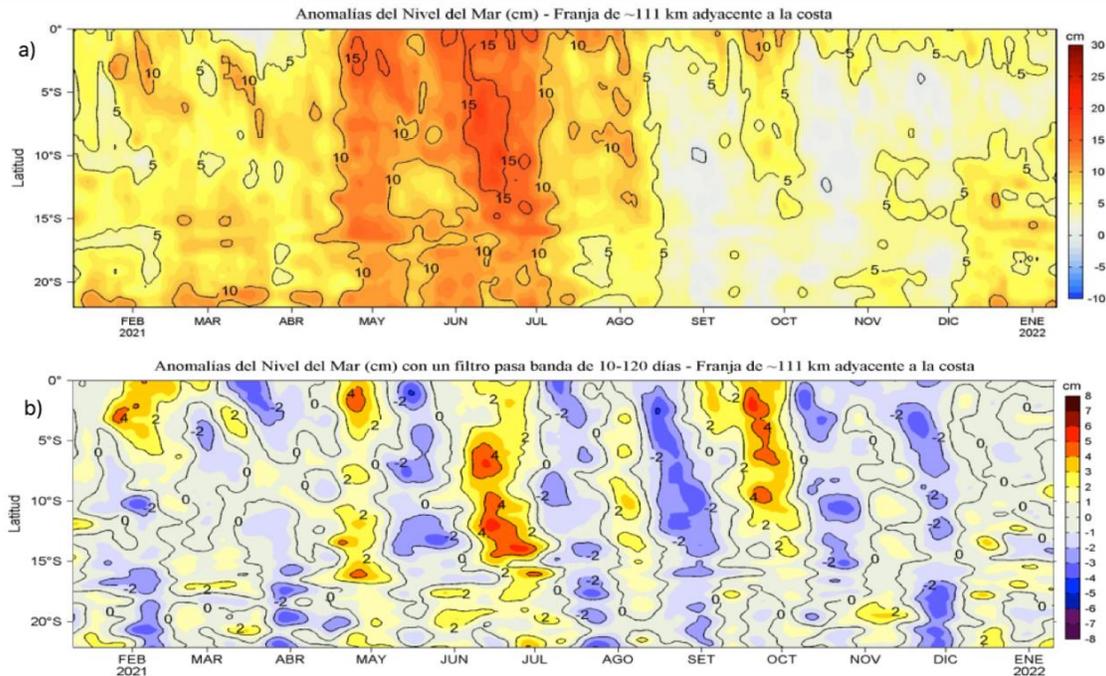


Figura 11: Diagrama Hovmöller de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 10 de enero de 2022. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

La temperatura subsuperficial dentro de las 100 millas náuticas mostró el predominio de condiciones frías frente a la costa norte, con anomalías de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, en promedio, sobre los 60 m de profundidad, durante diciembre y lo que va de enero (Figura 13). Entre Chimbote y Callao, durante la segunda semana de diciembre y lo que va de entre las anomalías variaron entre $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, en promedio, sobre los 500 m; mientras que al sur, entre Callao y Ático, se observó el predominio de anomalías negativas de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 60 m de profundidad hasta fines de diciembre y algunas anomalías cercanas a cero, con núcleos de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a inicios de enero, especialmente sobre los 100 m de profundidad (Figuras 12 y 13). Las anomalías térmicas y la posición somera de la termoclina señalan el efecto dominante de las ondas Kelvin frías que se propagaron entre noviembre y diciembre y no registran claramente un efecto de la onda Kelvin cálida débil de la segunda quincena (Figura 14). Los flujos hacia el norte indicaron la presencia de la corriente costera peruana (CCP) (Figura 12).

Asimismo, frente a Paita y a Chicama, en diciembre se registró el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5\text{ mL/L}$) a 130 – 180 m y a 25 – 180 m de profundidad dentro de las 100 millas náuticas, respectivamente, ascendiendo

respecto a noviembre en el caso de Paita (Figura 12). La posición superficial de la oxiclina, que también es observada en la zona central en otros registros, es concordante con la distribución vertical de la termoclina, la circulación intensificada hacia el norte y el efecto de las ondas Kelvin frías.

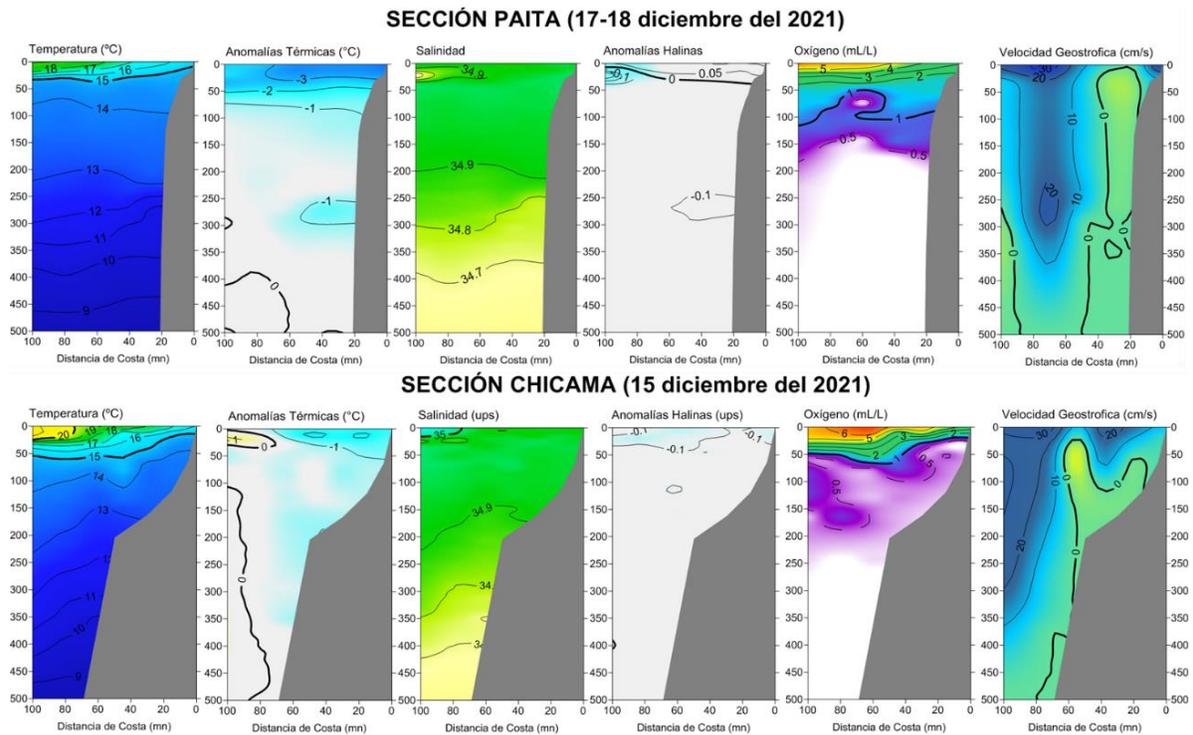


Figura 12. Sección vertical de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto, OD (mL L⁻¹) y velocidad geostrofica (cm s⁻¹) (de izquierda a derecha) frente a Paita y Chicama.

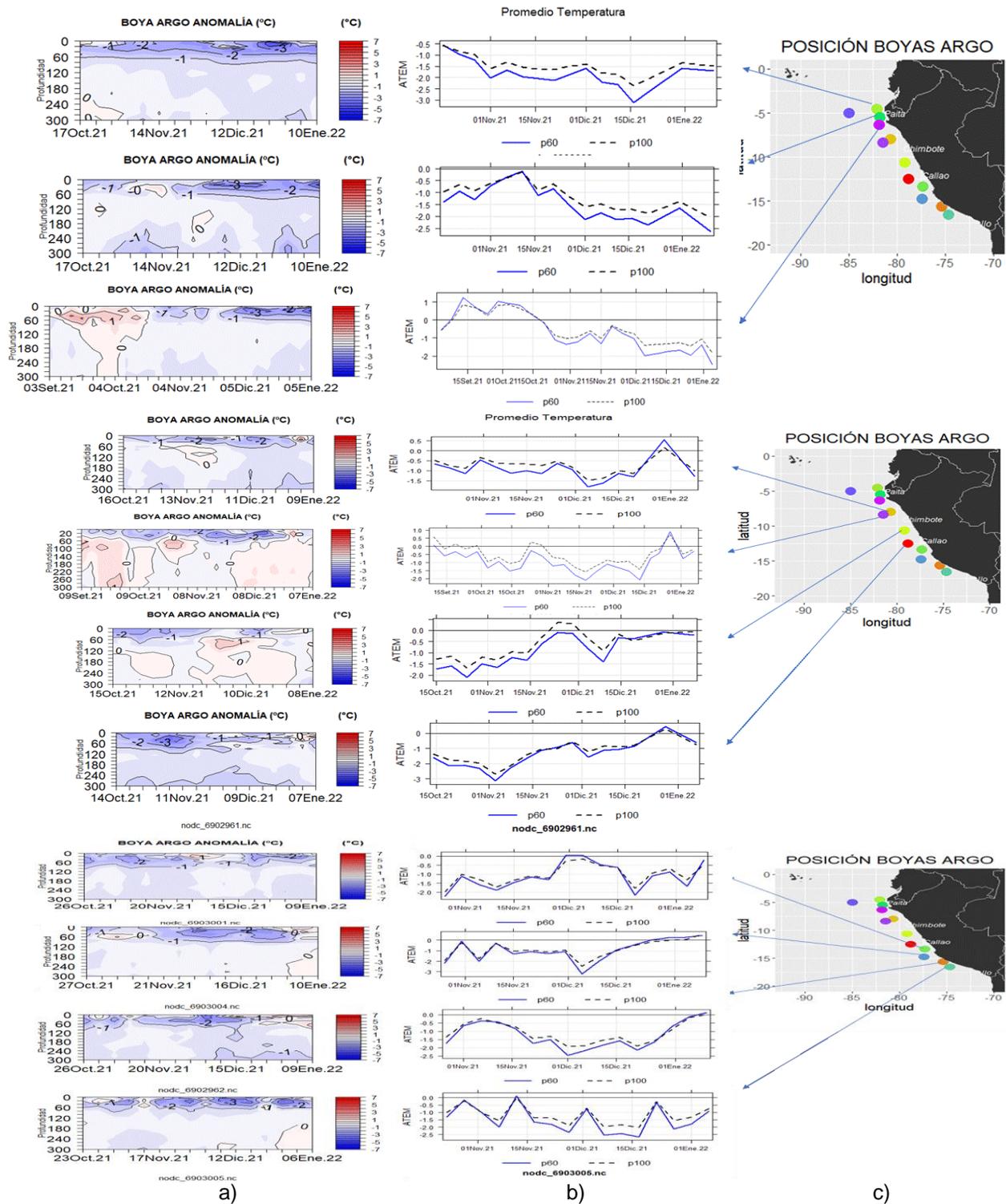


Figura 13. a) Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona norte, centro y sur (dentro de las 100 m.n.) hasta los 300 m profundidad de octubre 2021 a enero 2022; b) Promedio de la anomalía de la temperatura de 60 m (p60) y 100 m (p100) y c) posición de las boyas ARGO de enero 2022. Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: DIHIDRONAV

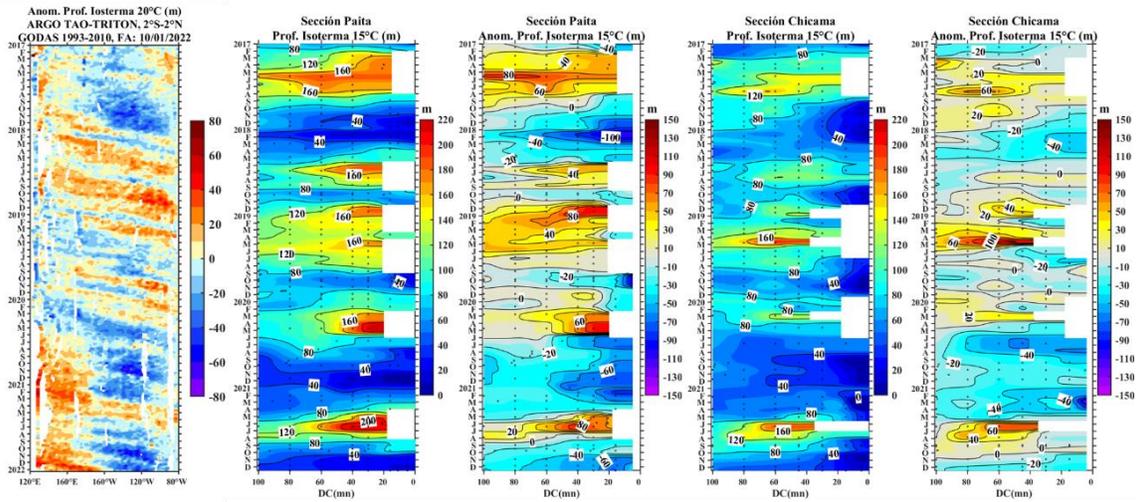


Figura 14. Diagrama Hovmöller de a) profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacífico ecuatorial (120°E – 80°W y 2°N – 2°S) con las boyas ARGO y TAO/TRITON, b) profundidad de la isoterma de 15 °C (proxi de la termoclina) frente a Paita (0-100 millas náuticas), c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Paita (0-100 millas náuticas), d) profundidad de la isoterma de 15 °C (proxi de la termoclina) frente a Chicama (0-100 millas náuticas), y e) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Chicama (0-100 millas náuticas). Climatología de 1981 a 2010.

Las observaciones de la salinidad superficial del mar durante diciembre indicaron la presencia de las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 80 millas náuticas frente a Paita y una intromisión de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) desde el norte, fuera de las 90 m.n. Frente a Chicama también se observó la presencia de las ACF dentro de las 80 millas náuticas, pero por fuera se detectó la influencia de las aguas subtropicales superficiales (ASS) (Figura 12). Entre diciembre y lo que va de enero, se detectó la aproximación de las ASS a la costa entre Chicama y Huarmey, así como frente a San Juan de Marcona y Atico, mientras que en otras áreas puntuales se detectó una mayor proyección de las ACF hacia fuera de la costa (Figuras 15 y 16).

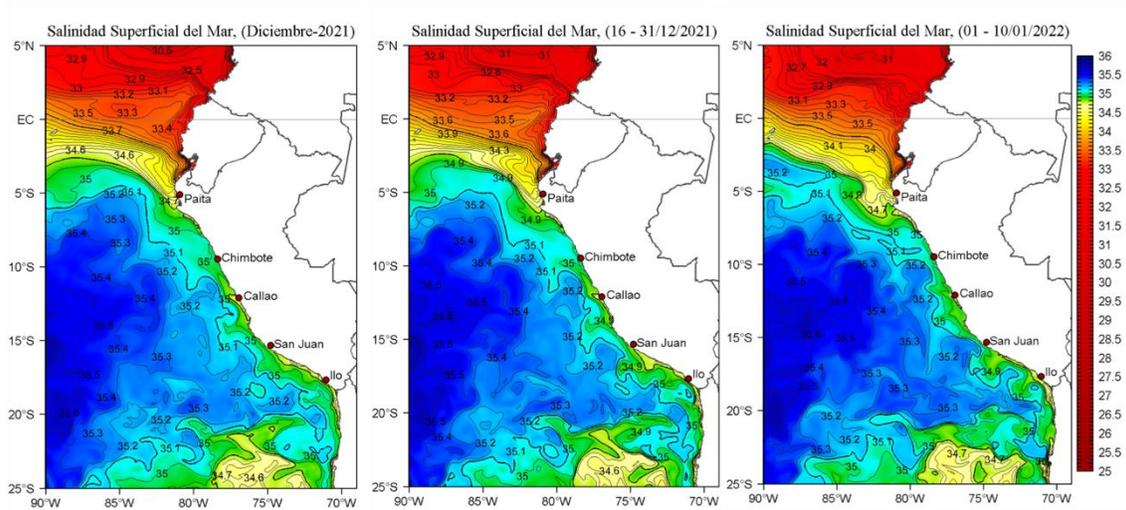


Figura 15. Distribución espacial promedio de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, °C) durante: a) el mes de noviembre, b) la segunda quincena de noviembre y c) del 01 al 11 de diciembre del 2021; en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

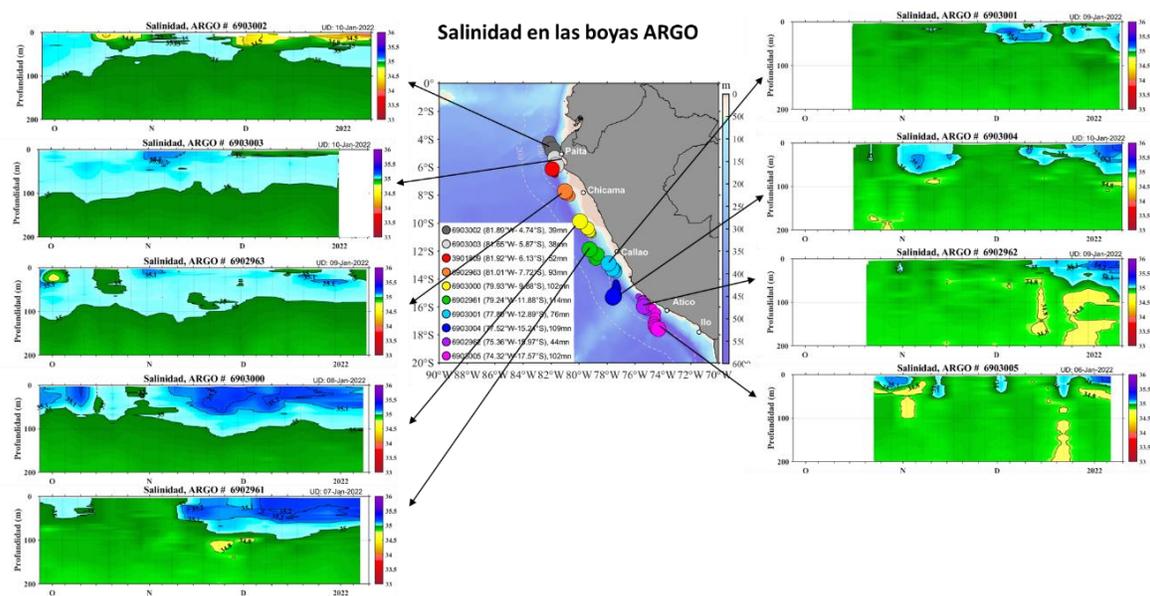


Figura 16. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 m.n.) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de diciembre 2021 y enero 2022 donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

3.3. Productividad marina y condiciones biológico pesqueras

De acuerdo a la información satelital, la concentración de clorofila-a para diciembre y lo que va de enero presentó valores mayores a su patrón climatológico. El rango observado en el mes de diciembre fue entre 1,0 a 15,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 90 millas náuticas y al norte de la latitud 14°S. En lo que va de diciembre, entre Chicama Pisco se observaron núcleos de hasta 20,0 $\mu\text{g L}^{-1}$. Este aumento de la productividad fue favorecido por el aumento estacional de la radiación solar y la posición más somera de la termoclina en el contexto regional (Figura 17).

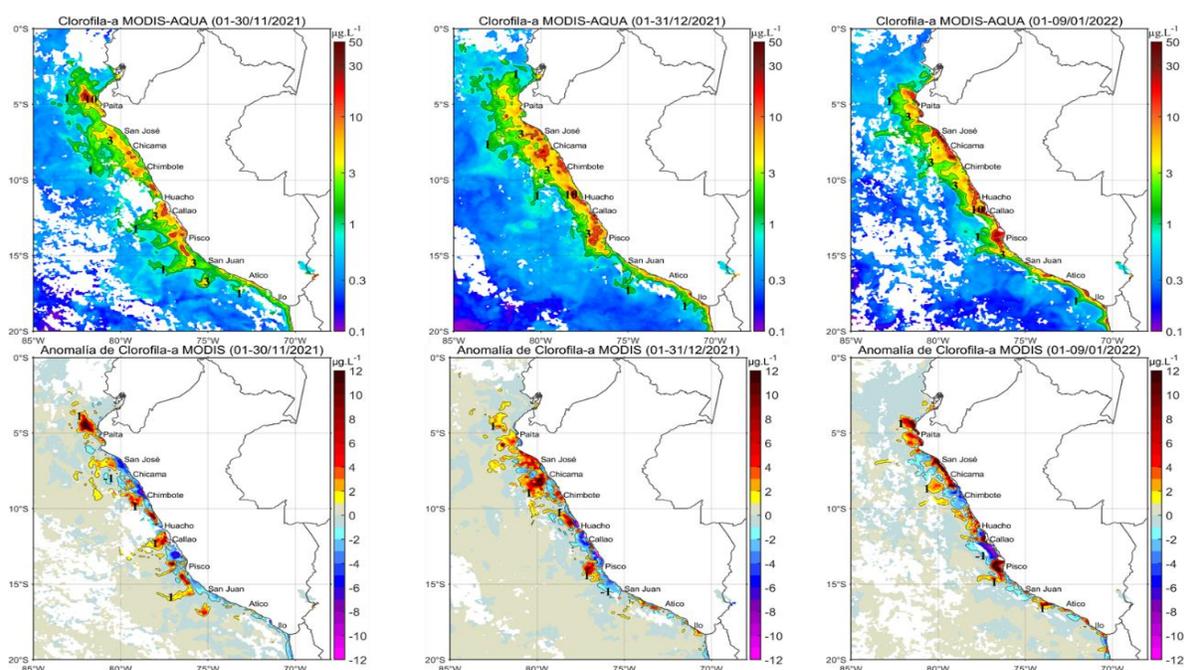


Figura 17. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b) durante noviembre, diciembre de 2021 y enero de 2022, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$).

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

La flota industrial de cerco dirigida a la pesca de la anchoveta en el stock Norte-Centro, se distribuyó desde Pimentel hasta Bahía Independencia dentro de las 50 m.n. de la costa asociada a la mayor cobertura de las ACF, y en el sur dentro de las 10 m.n. (Figura 18). La estructura de tallas fue principalmente adulta con modas de 12,5 y 13,0 cm de longitud total (LT), la mayor incidencia de ejemplares menores a la talla mínima de captura se registró en la región centro (42 % de juveniles), principalmente de Supe a Callao y de Cerro Azul a Bahía Independencia. Para el stock Norte-Centro, los indicadores reproductivos de la anchoveta en diciembre mostraron un ligero incremento en los procesos de maduración gonadal y desove, de acuerdo a la tendencia de su patrón histórico.

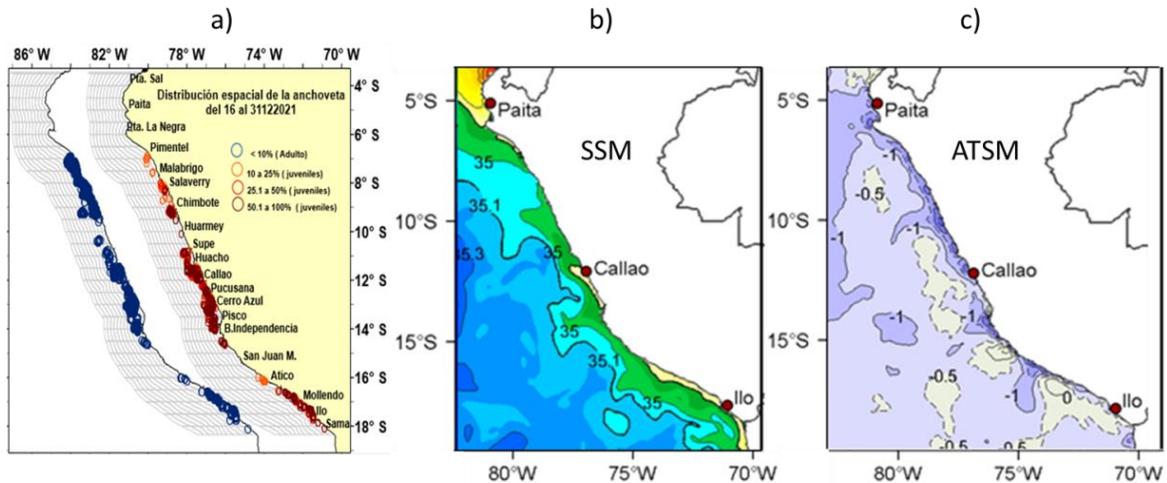


Figura 18. a) Distribución de anchoveta con relación a las variables oceanográficas de b) SSM y c) ATSM

Las especies transzonales jurel, caballa y bonito se distribuyeron, principalmente frente a Callao e Ilo, dentro de las 90 millas náuticas de costa, asociados a los frentes halinos de las ACF con ASS y aguas de mezcla (Figura 19).

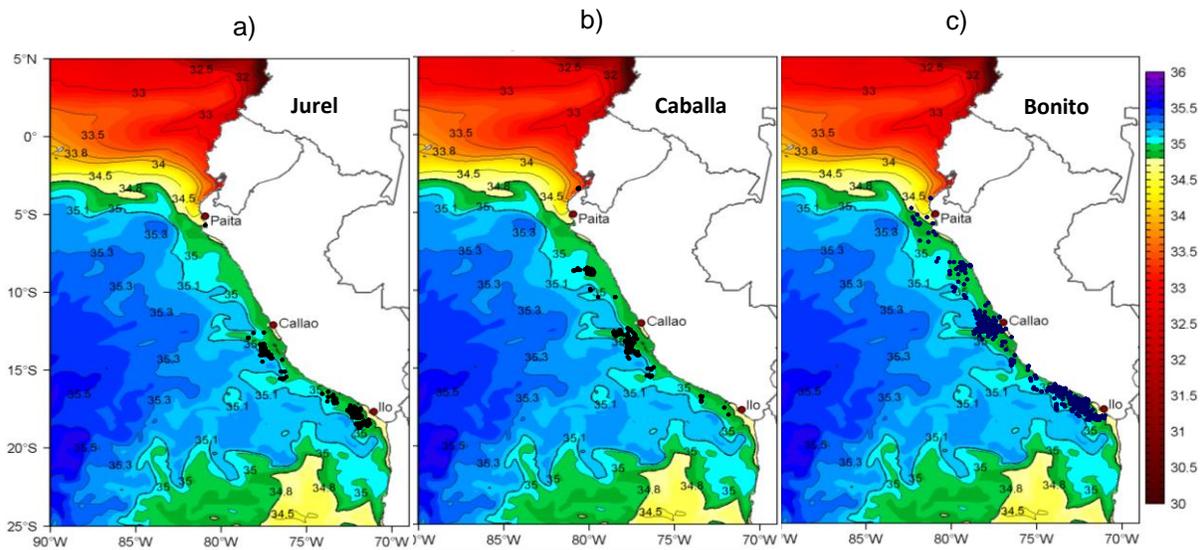


Figura 19. Distribución las especies transzonales a) jurel, b) caballa) y c) bonito con relación a la variable oceanográfica SSM

La merluza presentó una dispersión en su distribución, registrándose la flota de arrastre desde el sur de Talara al sur de Paita (Figura 20), posiblemente debido al ingreso de las AES. El calamar gigante o pota se encontró distribuido en dos áreas, la primera de mayor concentración entre Talara y Pimentel dentro de las 70 millas náuticas, y de mayor ampliación longitudinal entre Callao y San Juan de Marcona, llegando hasta las 200 millas náuticas de costa (Figura 21).

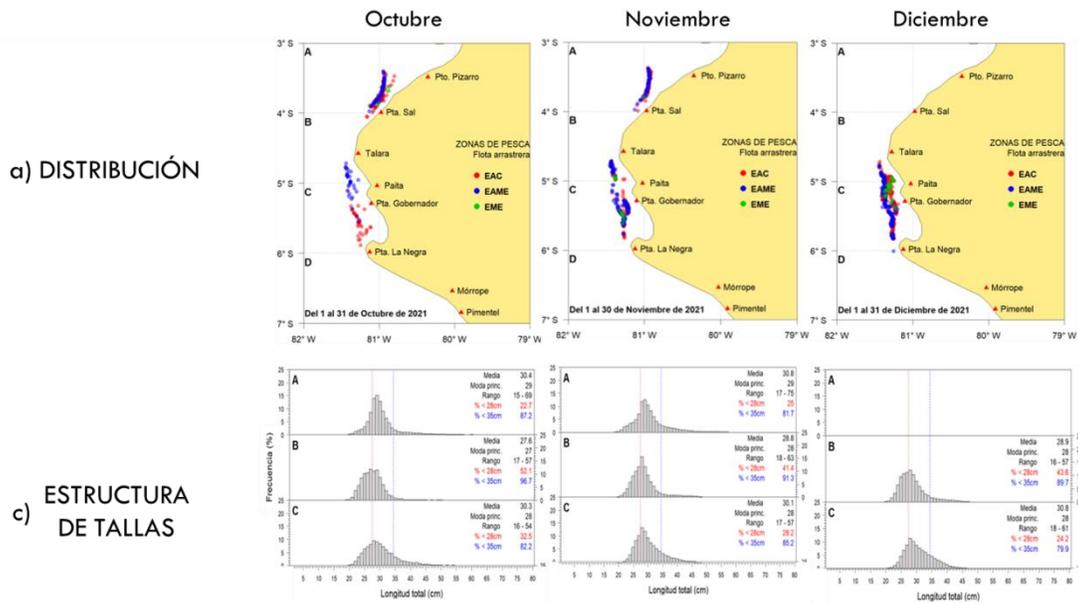


Figura 20. Distribución mensual de merluza, octubre, noviembre y diciembre 2021.

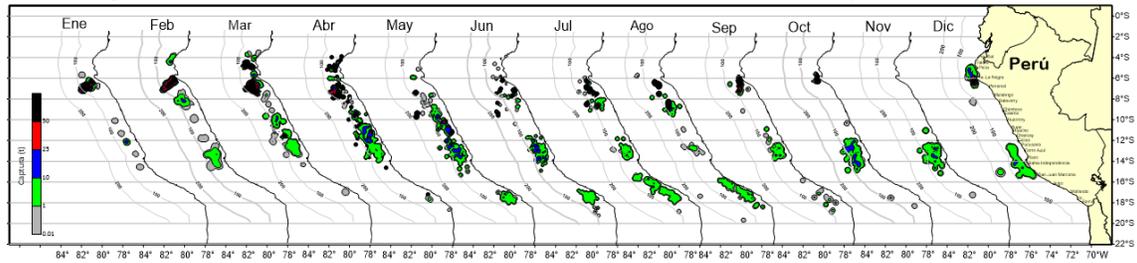


Figura 21. Distribución mensual del calamar gigante o pota durante el 2021

3.4. Condiciones hidrológicas

En los primeros días de diciembre, los ríos de la costa y el altiplano aumentaron sus flujos rápidamente, llegando a sus picos máximos entre los días 5 al 25, con anomalías sobre el 100 % (río Rímac) y llegando hasta 656,7 % (río Coata), posterior a ello los caudales disminuyeron hasta alcanzar valores por debajo de lo normal, especialmente en la costa centro (Tabla 3).

Tabla 3: Caudales de los principales ríos del país diciembre 2021 – enero 2022
Fuente: SENAMHI, Juntas de Usuarios y Proyectos Especiales. Elaborado: ANA

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)								Promedio (m3/s)	Anomalía (%)
		Diciembre 2021					Enero 2022				
Pacífico Norte	Tumbes	26.1	26.3	141.4	84.7	74.5	56.8	50.8	S/D	65.8	160.0
	Chira	42.8	32.4	80.4	98.0	109.6	54.3	38.2	27.1	60.4	60.8
	Chancay Lambayeque	93.9	159.1	166.3	404.0	299.2	86.7	99.3	36.8	168.2	161.3
	Zaña	48.2	109.6	154.5	164.5	S/D	S/D	88.3	43.7	101.5	97.7
	Jequetepeque	29.3	42.1	67.5	38.3	45.7	20.5	21.2	18.7	35.4	170.8
	Chicama	20.6	29.7	45.6	28.6	28.4	10.9	7.7	6.5	22.3	229.6
	Santa	168.0	358.2	242.7	162.9	150.3	107.8	122.1	110.1	177.8	33.7
Pacífico Centro	Pativilca	48.4	82.4	53.8	37.2	29.6	24.2	30.1	S/D	43.7	3.0
	Chillón	66.2	100.8	31.9	-12.5	-43.0	-46.0	-29.2	S/D	9.7	2.3
	Rímac	4.1	58.2	2.4	-15.3	-25.4	-38.4	-22.4	S/D	-5.3	-8.7
	Cañete	46.5	94.8	54.4	40.3	38.4	44.3	50.4	38.3	50.9	45.6
	Pisco	11.2	29.2	10.2	5.2	3.7	3.9	5.1	11.5	10.0	39.4
Pacífico Sur	Ocoña	50.7	77.3	76.3	58.7	48.3	60.2	66.9	63.0	62.7	28.7
	Tambo	11.0	22.4	22.8	11.6	14.0	25.2	S/D	S/D	17.8	117.3
	Sama	0.9	0.9	1.3	0.8	0.8	0.8	0.8	S/D	0.9	92.1
	Caplina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	S/D	S/D	0.3	-23.3
Titicaca	Huancane	13.8	22.4	20.3	52.2	107.9	84.2	20.8	23.7	43.2	323.9
	Ramis	35.2	86.8	130.2	116.6	244.7	253.5	140.2	111.1	139.8	187.6
	Coata	41.9	93.0	72.1	48.1	96.5	93.8	20.8	47.0	64.2	68.4
	Ilave	10.4	23.1	30.2	21.4	57.3	67.0	37.7	43.4	36.3	160.7

Por otro lado, los reservorios tuvieron comportamientos diversos, mientras que Poechos, San Lorenzo, Viconga y Aguada Blanca aumentaron sus volúmenes, mientras que los restantes siguieron disminuyendo de forma muy notoria en la Tabla 4 se observa el estado de los reservorios al once de enero del 2022.

Tabla 4: Estado situacional de los reservorios al 11 de enero del 2022

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento	Capacidad Hidráulica (hm3)	Almacenada	Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil		
Costa - Norte	Poechos	11-Ene	Piura	445.5	210.9	47.3
Costa - Norte	San Lorenzo	11-Ene	Piura	195.6	86.5	44.2
Costa - Norte	Tinajones	11-Ene	Lambayeque	331.6	300.2	90.5
Costa - Norte	Gallito Ciego	11-Ene	La Libertad	366.6	270.0	73.7
Costa - Centro	Víconga	2-Ene	Lima	30.0	6.1	20.2
Costa - Centro	Choclococha	11-Ene	Ica	131.1	53.8	41.1
Costa - Centro	Ccaracocha	11-Ene	Ica	40.0	23.0	57.5
Costa - Sur	Condorama	11-Ene	Arequipa	259.0	94.8	36.6
Costa - Sur	El Pañe	11-Ene	Arequipa	99.6	49.2	49.4
Costa - Sur	Dique Los Españoles	11-Ene	Arequipa	9.1	4.7	51.7
Costa - Sur	Pillones	11-Ene	Arequipa	78.5	34.5	43.9
Costa - Sur	El Frayle	11-Ene	Arequipa	127.2	84.3	66.3
Costa - Sur	Aguada Blanca	11-Ene	Arequipa	30.4	28.2	92.8
Costa - Sur	Chalhuanca	11-Ene	Arequipa	25.0	5.9	23.6
Costa - Sur	Bamputañe	11-Ene	Arequipa	40.0	9.4	23.5
Costa - Sur	Pasto Grande	11-Ene	Moquegua	200.0	158.2	79.1
Costa - Sur	Paucarani	11-Ene	Tacna	10.5	3.2	30.6
Costa - Sur	Laguna Aricota	11-Ene	Tacna	280.0	194.6	69.5
Costa - Sur	Jarumas	11-Ene	Tacna	13.0	9.3	71.2
Sierra - Centro	Cuchoquesera	11-Ene	Ayacucho	80.0	28.2	35.3
Sierra - Centro	Lago Junin	11-Ene	Junin	441.0	42.1	9.5
Sierra - Sur	Lagunillas	11-Ene	Puno	585.1	428.0	73.1
Sierra - Sur	Sibinacocha	1-Ene	Cusco	110.0	67.9	61.7
Situación Nacional				3,928.9	2,193.0	55.8

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

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las regiones de Piura y Lambayeque, las temperaturas máximas de normales a ligeramente cálidas, fueron favorables para la fructificación del mango y el avance de cosechas en Piura. En el valle Chancay-Lambayeque, las temperaturas nocturnas y diurnas más frías de lo habitual, retrasaron el crecimiento de las plántulas de arroz en almácigo; mientras que, en el valle Jequetepeque (La Libertad), las temperaturas diurnas normal promovieron las fases de floración y el inicio del llenado de granos. En zona de La Yarada (Tacna), las condiciones térmicas normales favorecieron el avance de la fructificación del olivo.

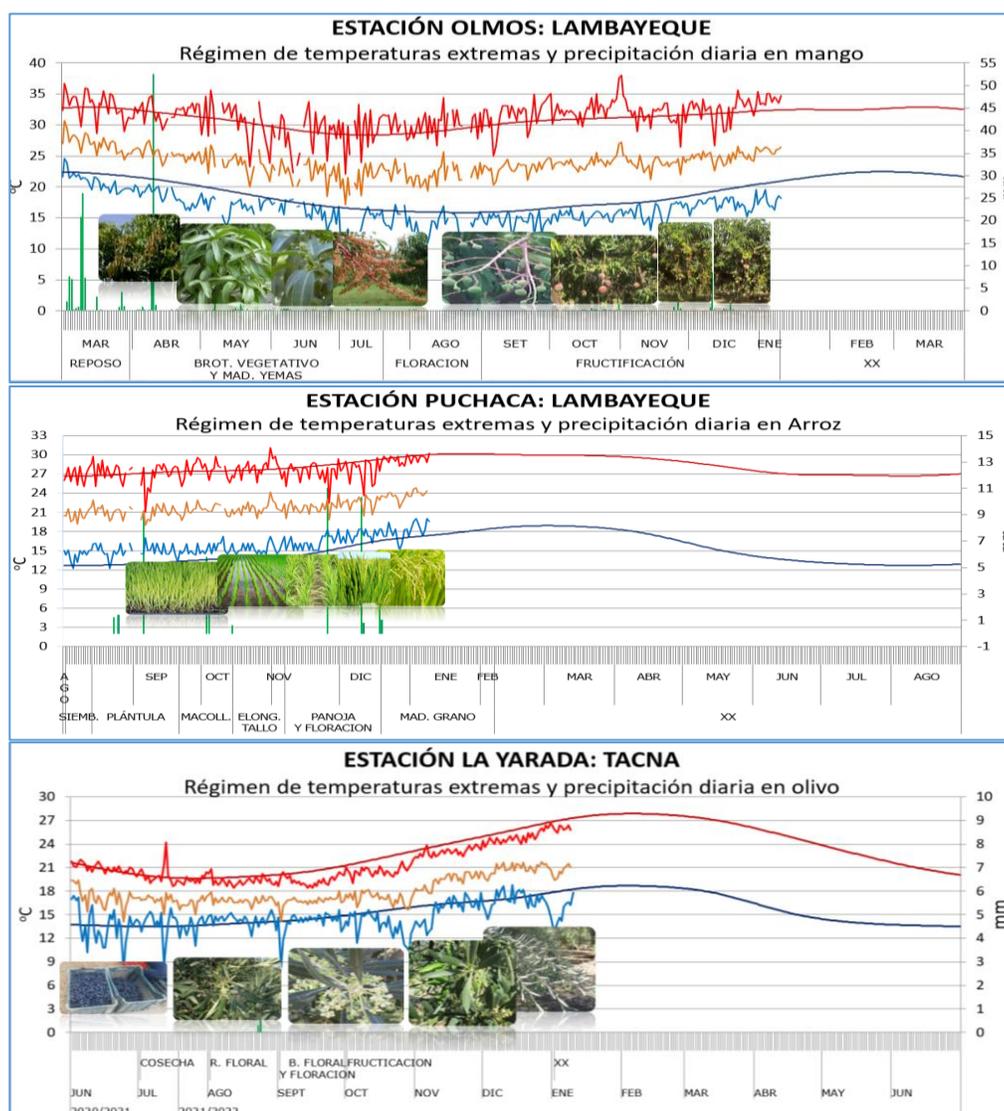


Figura 5.1: Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campaña agrícola 2021/2022. Fuente: SENAMHI.

IV. PERSPECTIVAS

Los modelos numéricos de agencias internacionales continúan indicando el desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) y prevén su desarrollo por lo menos hasta junio de 2022, alcanzando su máxima intensidad en febrero de 2022 (Tabla 5). En la región Niño 1+2, de acuerdo a los modelos, en promedio, se esperarían condiciones frías hasta febrero de 2022, y las anomalías térmicas negativas se mantendrían hasta julio, pero dentro del rango normal (Tabla 6).

Tabla 5: Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3,4), Fuente: IGP.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		-1,03	-1,00	-0,95	-0,99	-0,96	-0,80	-0,65	-0,54
CanCM4i		-1,12	-0,95	-0,58	-0,24	0,05	0,31	0,64	0,85
GEM5_NEMO		-1,00	-0,99	-0,98	-0,91	-0,73	-0,52	-0,39	-0,33
GFDL_SPEARE		-0,86	-0,65	-0,44	-0,26	-0,04	0,16	0,33	0,35
NASA		-2,24	-3,02	-3,25	-2,94	-2,41	-1,86	-1,43	-1,16
NCAR_CCSM4		-1,12	-1,11	-0,99	-0,86	-0,68	-0,53	-0,46	-0,45
NMME		-1,23	-1,29	-1,20	-1,03	-0,80	-0,54	-0,33	-0,21
ONItmp	-1,08								

Tabla 6: Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2), Fuente: IGP.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		-1,30	-0,96	-0,75	-0,71	-0,64	-0,47	-0,23	-0,16
CanCM4i		-1,29	-0,95	-0,71	-0,51	-0,17	0,31	0,70	0,82
GEM5_NEMO		-1,24	-0,85	-0,69	-0,68	-0,70	-0,59	-0,47	-0,42
GFDL_SPEARE		-1,51	-1,17	-0,69	-0,12	0,26	0,48	0,56	0,61
NASA		-1,22	-0,96	-0,95	-0,80	-0,77	-0,54	-0,29	0,12
NCAR_CCSM4		-1,56	-1,28	-1,00	-0,78	-0,64	-0,46	-0,37	-0,36
NMME		-1,35	-1,03	-0,80	-0,60	-0,44	-0,21	-0,02	0,10
ONItmp	-1,34								

Según los modelos de ondas, a lo largo de la costa peruana se espera aún la presencia de anomalías negativas en el nivel del mar durante el mes de enero, esto como consecuencia del próximo paso de la onda Kelvin fría. Por otro lado, la onda Kelvin cálida localizada en 140°W arribaría a la costa peruana durante febrero, extendiendo sus efectos hasta marzo (Figura 23).

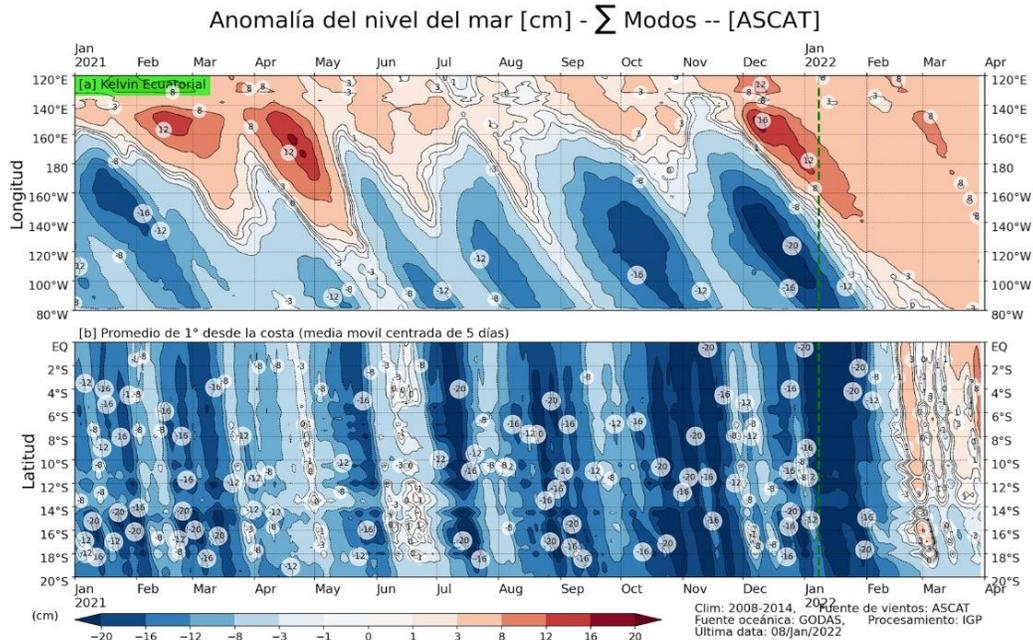


Figura 23: Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

En base a lo expuesto, considerando el análisis de los datos observados, entre ellos los patrones atmosféricos en desarrollo, y el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se estima que para el Pacífico central continúe el desarrollo de La Niña, siendo más probable que alcance una condición de fría moderada en enero y fría débil por lo menos hasta abril de 2022 (Tabla 7 y Figura 24).

Por otro lado, para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones frías débiles⁴ para enero (51 %) y de condiciones neutras entre febrero y mayo (53 % - 73 %). Dada la alta variabilidad en la región Niño 1+2 y la influencia de la onda Kelvin cálida pronosticada, se estima una probabilidad de 13 % a 23 %

⁴ Para la clasificación de las condiciones mensuales cálidas, neutras y frías se emplean los mismos umbrales del ICEN (Nota técnica ENFEN, 2012), que identifican las condiciones cálidas para valores por encima de +0,4 °C y las frías para valores inferiores a -1,0 °C.

de una condición cálida débil entre febrero y mayo de 2022 (Tabla 8 y Figura 24). En este contexto, existe una probabilidad de que el ICEN de enero cumpla la condición de fría débil, lo que indicaría la presencia de un evento de La Niña Costera de magnitud débil y de corta duración, que terminaría en enero.

Tabla 7: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre enero y mayo de 2022

Pacífico central	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	51	41	17	1	1
Fría débil	49	54	59	50	37
Neutro	0	5	24	47	58
Cálida débil	0	0	0	2	5
Cálida moderada	0	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0
Cálida extrema	0	0	0	0	0

Tabla 8: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) entre enero y mayo de 2022.

Pacífico oriental	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	13	2	0	0	0
Fría débil	51	32	19	10	9
Neutro	36	53	57	69	73
Cálida débil	0	13	23	20	17
Cálida moderada	0	0	1	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0	0
Cálida extrema	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

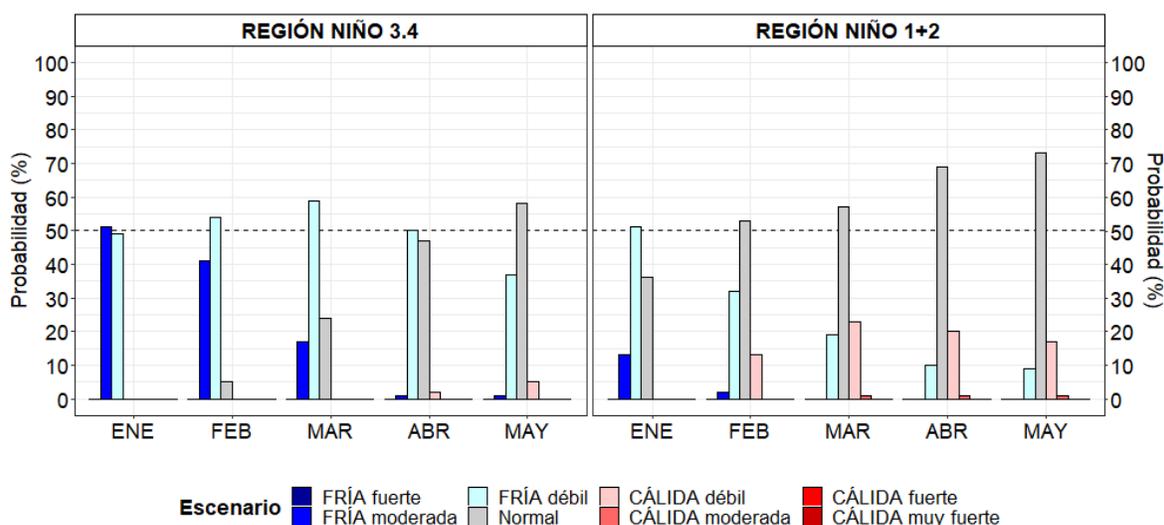


Figura 24. Probabilidades estimadas mensuales de las condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa del Perú, derecha) entre enero y mayo de 2022.

El pronóstico climático para el presente verano 2022 indica condiciones de lluvia bajo lo normal en la costa norte, sin descartar eventos localizados de lluvias de corta duración, principalmente entre febrero y marzo; y condiciones favorables de lluvia sobre lo normal en la zona andina sur del país.

Desde el punto de vista biológico y de acuerdo con el escenario oceanográfico de los siguientes meses se prevé que los cardúmenes de anchoveta en el sur se distribuyan cerca de la costa debido a la aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Asimismo, se prevé una mayor disponibilidad de recursos transzonales y oceánicos como el perico y túnidos en general.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado del “Sistema de alerta ante El Niño y La Niña Costeros” como “No activo”, debido a que es más probable que la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, estaría, en promedio, dentro del rango neutral, por lo menos hasta inicios de otoño de 2022.

Por otro lado, se espera que continúe el desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central hasta inicios de otoño de 2022, siendo más probable que el evento presente una magnitud débil.

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 14 de febrero de 2022.

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.
- Boullanger, 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.
- Correa D., Chamorro A., Tam J. (2020) Clasificación pentadal de vientos frente a la costa peruana, *Revista de Investigación de Física* 23(3)
- 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>
- 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/Re-análisis						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
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, Período 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, Período climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,

