

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N°11

NOVIEMBRE 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: Miguel Miguel Yamasaki, Jakie Rojas

CENEPRED: Ena Jaimes

Año: 7 N° 11

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° 11, noviembre de 2021, 41 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

Noviembre 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 NOVIEMBRE 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	22
3.4.	Condiciones hidrológicas	27
3.5.	Condiciones agrometeorológicas	29
IV.	PERSPECTIVAS.....	31
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
VI.	REFERENCIAS.....	37
VII.	ANEXO.....	40

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 sub-superficial 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 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 NOVIEMBRE DE 2021

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico ecuatorial, la TSM predominó con anomalías negativas, en promedio, con $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; y con la presencia de algunos núcleos de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sólo en el extremo occidental se mantuvo la anomalía de $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, similar al mes anterior. Por regiones Niño, en Niño 3.4 la anomalía promedio fue de $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ para noviembre y $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante los primeros diez días de diciembre; y en la región Niño 1+2, de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ para 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 4 meses.
Fuente: DIHIDRONAV.

TSM-ATSM Mensual 2021 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Junio	22.76	-0.36	26.30	-0.32	27.45	-0.28	28.83	-0.14
Julio	21.80	-0.16	25.49	-0.32	26.971	-0.38	28.67	-0.22
Agosto	20.71	-0.3	24.65	-0.47	26.34	-0.51	28.53	-0.26
Setiembre	20.05	-0.67	24.45	-0.45	26.16	-0.56	28.22	-0.54
Octubre	20.19	-0.84	24.21	-0.77	25.77	-0.95	28.04	-0.72
Noviembre	20.67	-0.98	24.17	-0.93	25.81	-0.89	28.01	-0.68

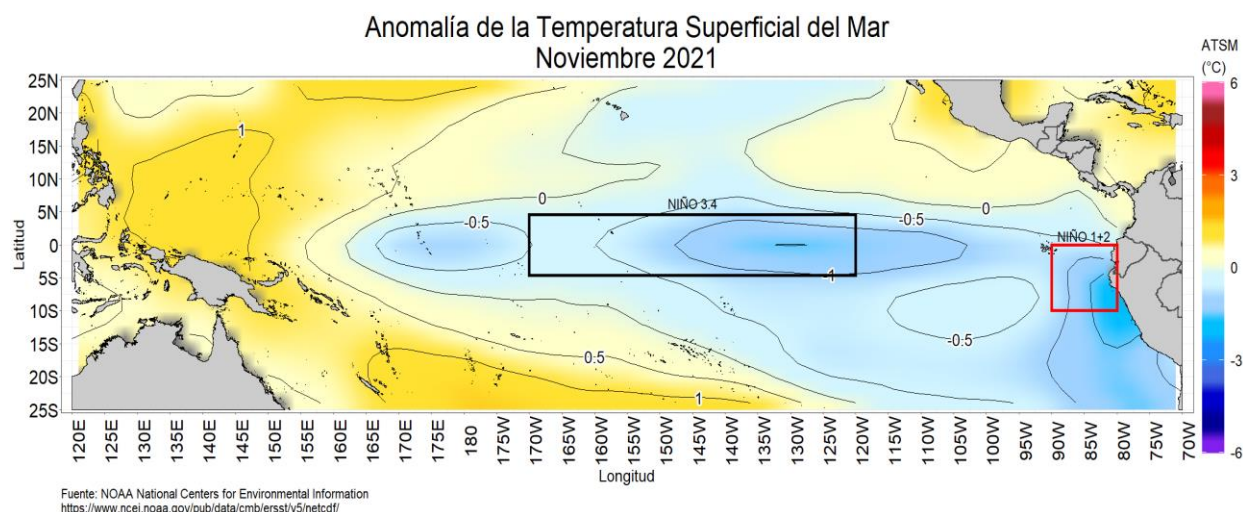


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico en noviembre de 2021. La región Niño 3,4 está delimitada con el recuadro negro y la región Niño 1+2 está delimitada con el recuadro rojo. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

Los valores del Índice Costero El Niño (ICEN) de octubre de 2021 continúa indicando condiciones neutras, el ICEN temporal (ICEN-tmp) de noviembre corresponde a condiciones frías débiles. Por otra parte, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de octubre indica condiciones frías débiles, mientras que los ONI temporales (ONI-tmp) de noviembre y diciembre 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 noviembre de 2020 hasta octubre del 2021, así como sus valores temporales de noviembre y diciembre. Fuente IGP.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
nov-20	-0,85	Neutro	-1,32	Fría Moderada
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	-0,80	Fría Débil
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
nov-21	-1,03	Fría Débil	-1,03	Fría Moderada
dic-21	-1,11	Fría Débil	-1,23	Fría Moderada

Según la información observada y la de los modelos de ondas, en el Pacífico ecuatorial la onda Kelvin cálida se localiza en la zona oriental, aunque con una magnitud menor a la del mes anterior. Por otro lado, debido al desarrollo de pulsos de viento del este en el Pacífico ecuatorial occidental y central, se formó un nuevo paquete de ondas Kelvin frías cuyo núcleo se localiza aproximadamente entre 160°W y 120°W. Finalmente, se observa la presencia de una anomalía del nivel del

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

mar en el extremo occidental que, según los modelos de ondas, sería una onda Kelvin cálida formada por la reflexión de una onda Rossby en la frontera occidental (Figura 2).

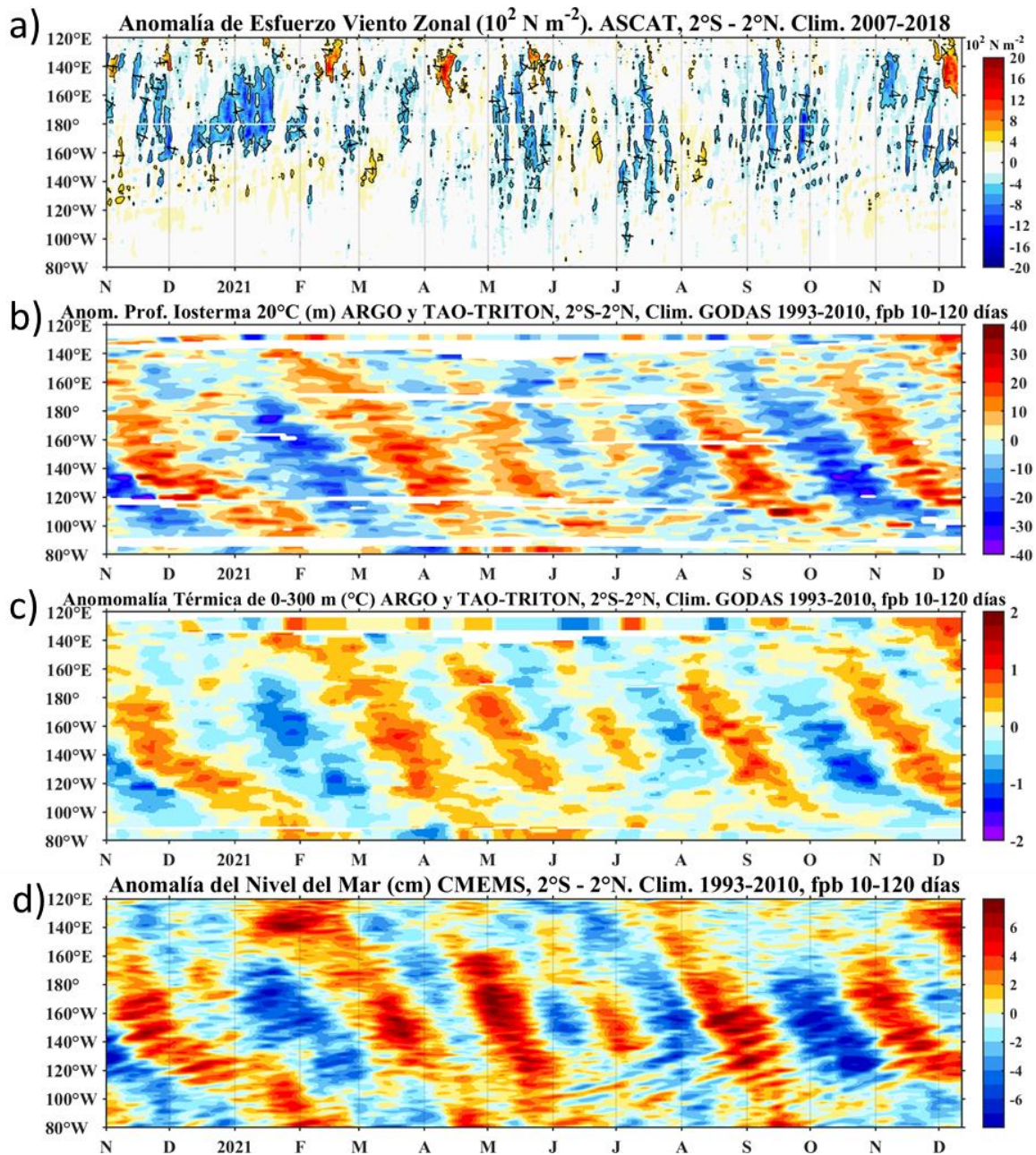


Figura 2: Diagrama Hovmöller: a) anomalía del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) con filtro pasa banda de 10 a 120 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía de temperatura de 0 a 300 m de profundidad ($^{\circ}\text{C}$) 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 bajos de la tropósfera (850 hPa), al oeste de 180°, se mantiene la persistencia de vientos anómalos del este, lo que favoreció al enfriamiento en la franja ecuatorial; sin embargo, hacia finales de noviembre e inicios de diciembre, las condiciones de vientos se presentaron dentro de su variación habitual. En niveles altos de la tropósfera (200 hPa), sobre el Pacífico ecuatorial, predominaron anomalías de vientos del oeste, lo que favoreció a la intensificación de la circulación Walker, así como a la subsidencia sobre la región continental, inhibiendo la convección organizada. (Figura 3).

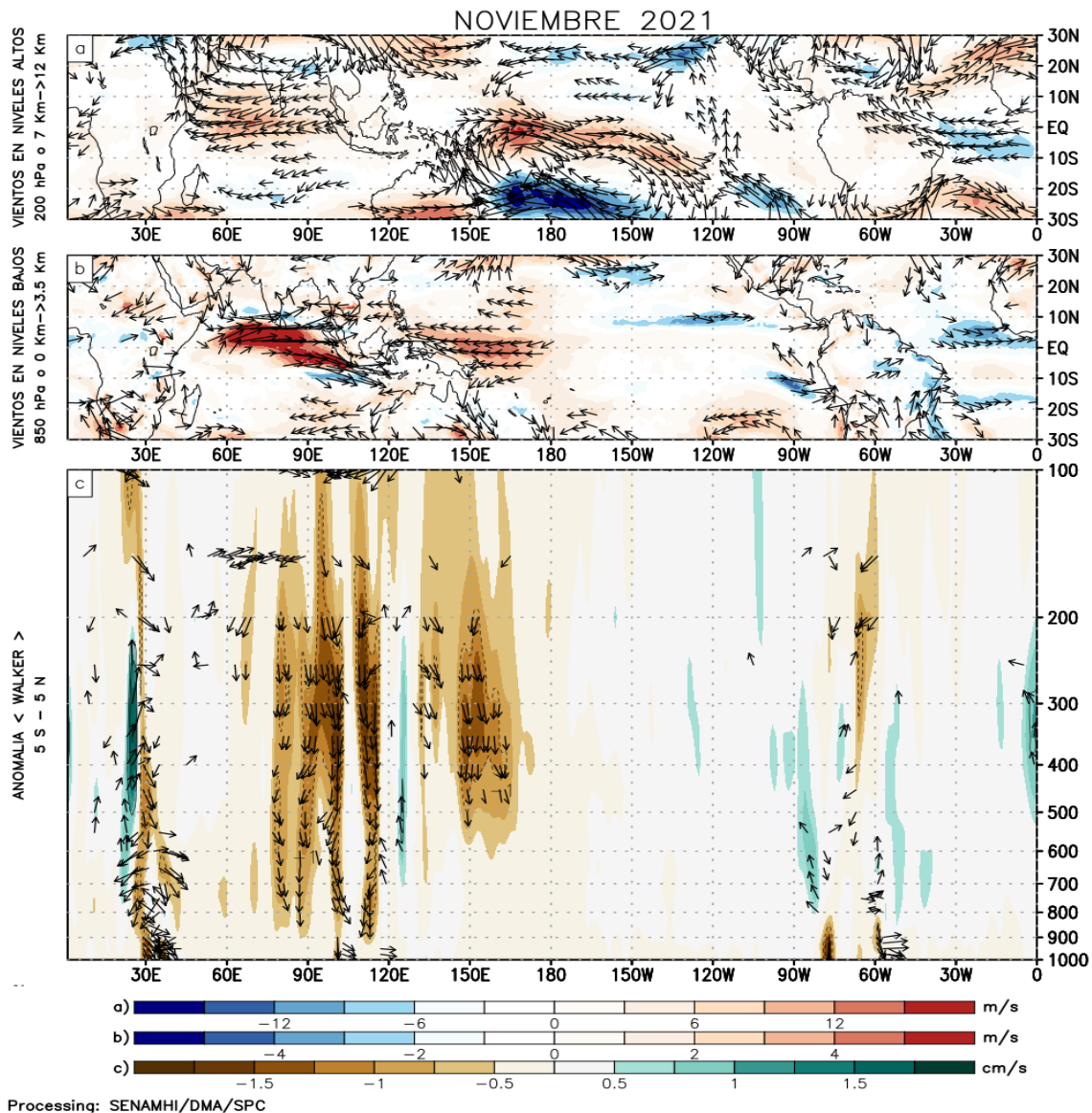


Figura 3: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para noviembre de 2021, (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para noviembre de 2021. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

En noviembre, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) continuó presentando una configuración zonal, con un núcleo de presiones fortalecido de 1026 hPa, lo que representó una anomalía de +4hPa, en promedio. Estas condiciones favorecieron la persistencia de los vientos alisios hacia el Pacífico central. Asimismo, respecto al mes anterior, su centro estuvo desplazado ligeramente al norte, aunque dentro de su posición habitual (31°S-95°W). Desde fines de noviembre a la fecha, el APS presenta un desplazamiento hacia el sur, de acuerdo a su patrón climático (Figura 4).

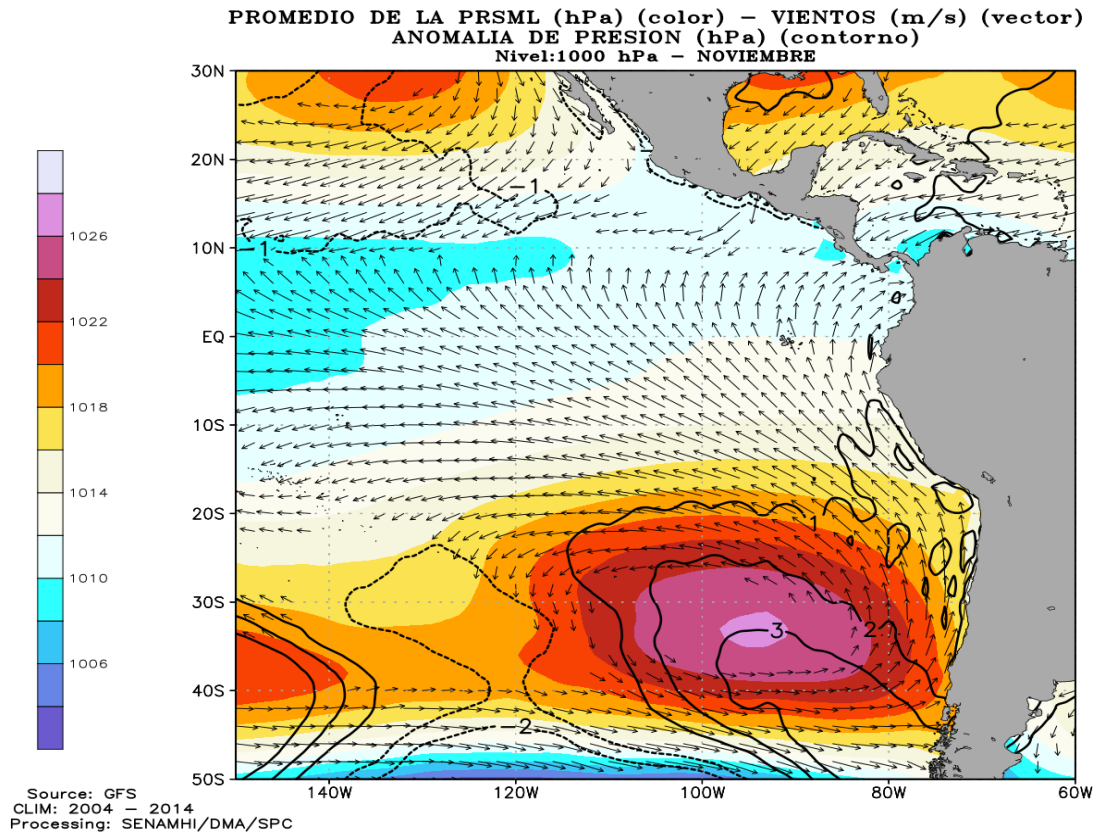


Figura 4: Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) con su anomalía (línea de contorno) y vientos (flechas) para noviembre 2021. Procesamiento: SENAMHI

3.2. Condiciones océano atmosféricas locales

Frente a la zona costera peruana se registraron vientos desde magnitudes moderadas ($4,1-6,8 \text{ ms}^{-1}$) a débiles (menores a $4,1 \text{ m s}^{-1}$) durante todo el periodo de noviembre, con presencia de episodios de vientos de moderada intensidad principalmente entre Talara y Paita. En la zona costera predominaron anomalías negativas de velocidad del viento cercanos a cero, mientras que en la zona oceánica central y sur, predominaron vientos ligeramente mayores a lo habitual (Figura 5). El afloramiento costero presentó una intensidad por debajo de lo normal, desde Sechura hasta Pisco.

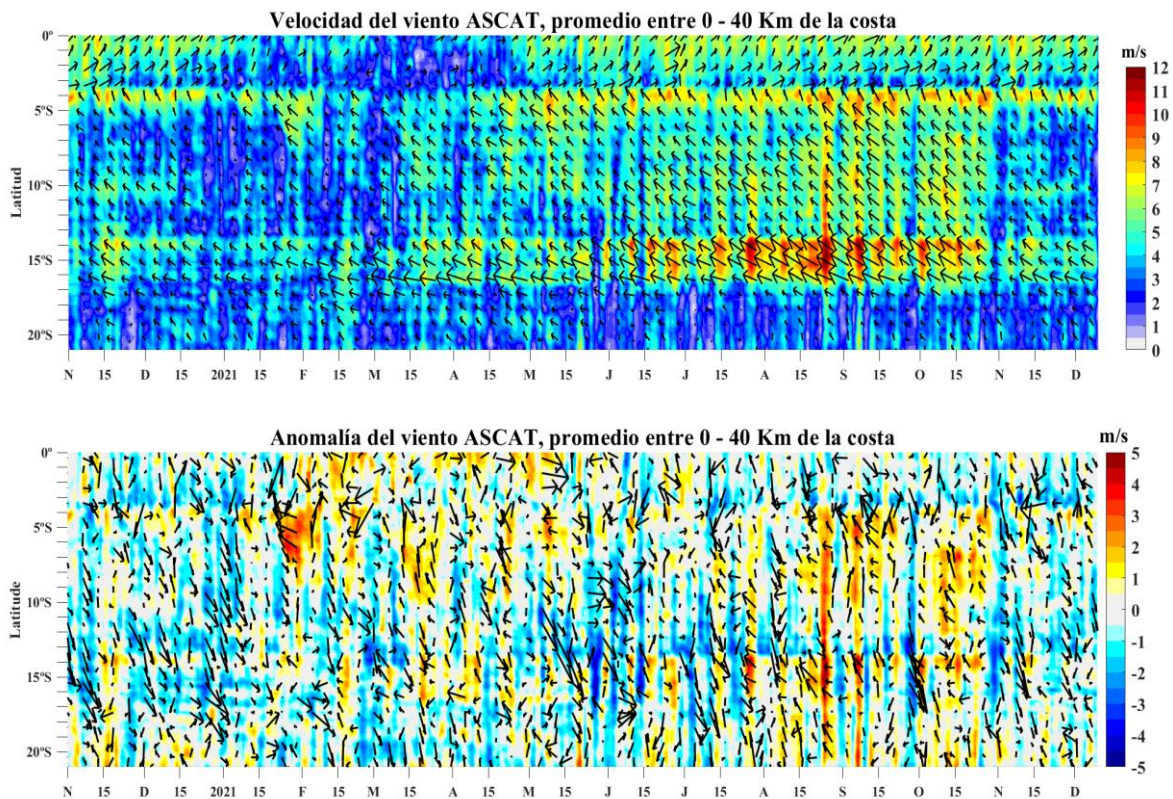


Figura 5: Velocidad del viento (m s^{-1}) (imagen superior), y anomalía del viento (m s^{-1}) (imagen inferior), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 11 de diciembre 2021. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

Durante noviembre, las temperaturas máximas del aire a lo largo del litoral presentaron, en promedio, valores negativos, alcanzando $-0,2^\circ\text{C}$ en la costa norte, $-1,1^\circ\text{C}$ en la costa central y $-1,2^\circ\text{C}$ en la costa sur. Sin embargo, las temperaturas mínimas en la misma región oscilaron dentro su variabilidad climática ($\pm 1^\circ\text{C}$). En lo que va de diciembre, las temperaturas extremas del aire (máxima y mínima) vienen presentando valores dentro de su rango normal, a excepción de la costa sur, la que presenta una anomalía de $-1,2^\circ\text{C}$ en la temperatura máxima debido a una mayor cobertura nubosa (Figura 6).

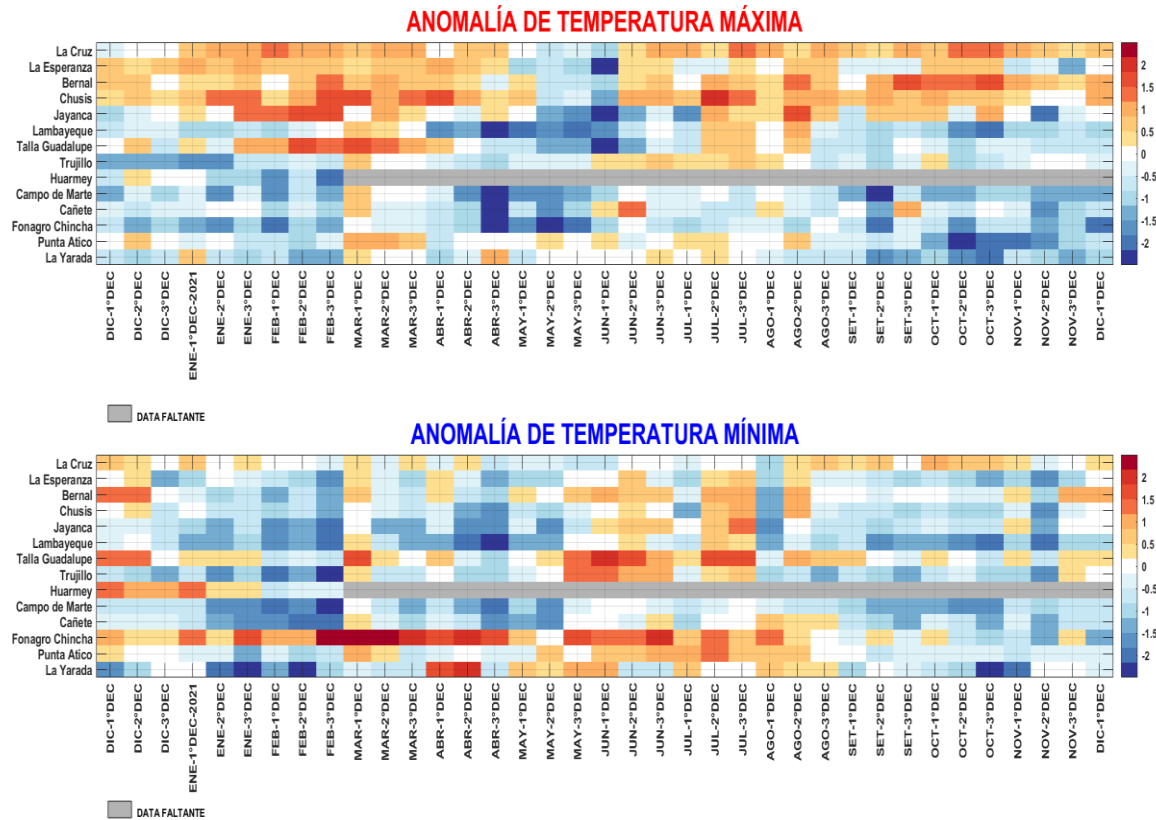


Figura 6: Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI desde diciembre 2020 hasta diciembre del 2021 Fuente: SENAMHI.

Para el mes de noviembre, en el mar peruano los índices térmicos locales indicaron condiciones frías en el rango neutro. La TSM varió entre 14 °C frente al litoral de Pisco a San Juan de Marcona y 24 °C en el extremo del litoral norte. La zona costera del mar peruano se caracterizó por presentar temperaturas menores de 17 °C en varios sectores adyacentes a la costa como Paita, de Pimentel a Callao y de Pisco a Matarani. Asimismo, en promedio, el enfriamiento anómalo del mar continuó, aunque con leve intensidad (menor a -1,0 °C) de Paita al sur, notándose una mayor extensión hacia sectores oceánicos y el ecuador geográfico frente a la costa norte-centro. A fines de noviembre, se observó condiciones frías anómalas (> 1 °C) en la zona costera entre Pimentel y Chicama y fuera de las 80 m.n. de Paita, mientras que en el resto del área comprendida entre Paita y Chicama las condiciones fueron neutras. A inicios de diciembre, entre Salaverry y Chimbote se detectaron anomalías de -2 °C a -3 °C, mientras que, se observaron condiciones neutras por fuera de las 30 m.n. de Chicama a Salaverry (Figuras 7 y 8).

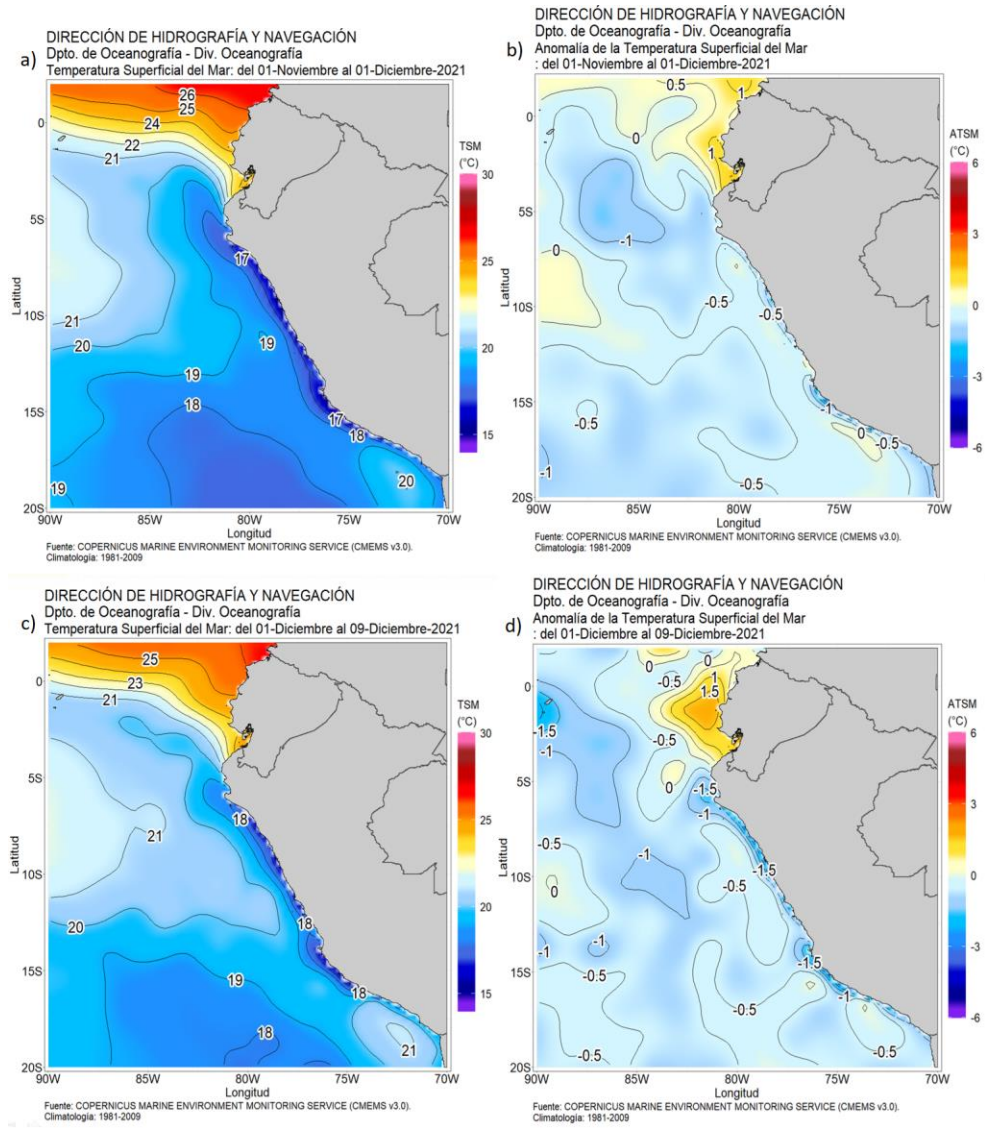


Figura 7: a) TSM promedio mensual (noviembre 2021); b) Anomalia de TSM promedio mensual. Noviembre 2021 y c) b) Anomalia de TSM promedio mensual. Del 1-9 diciembre 2021 Fuente: Ostia. Climatología 1981 – 2010. Procesamiento: DIHIDRONAV.

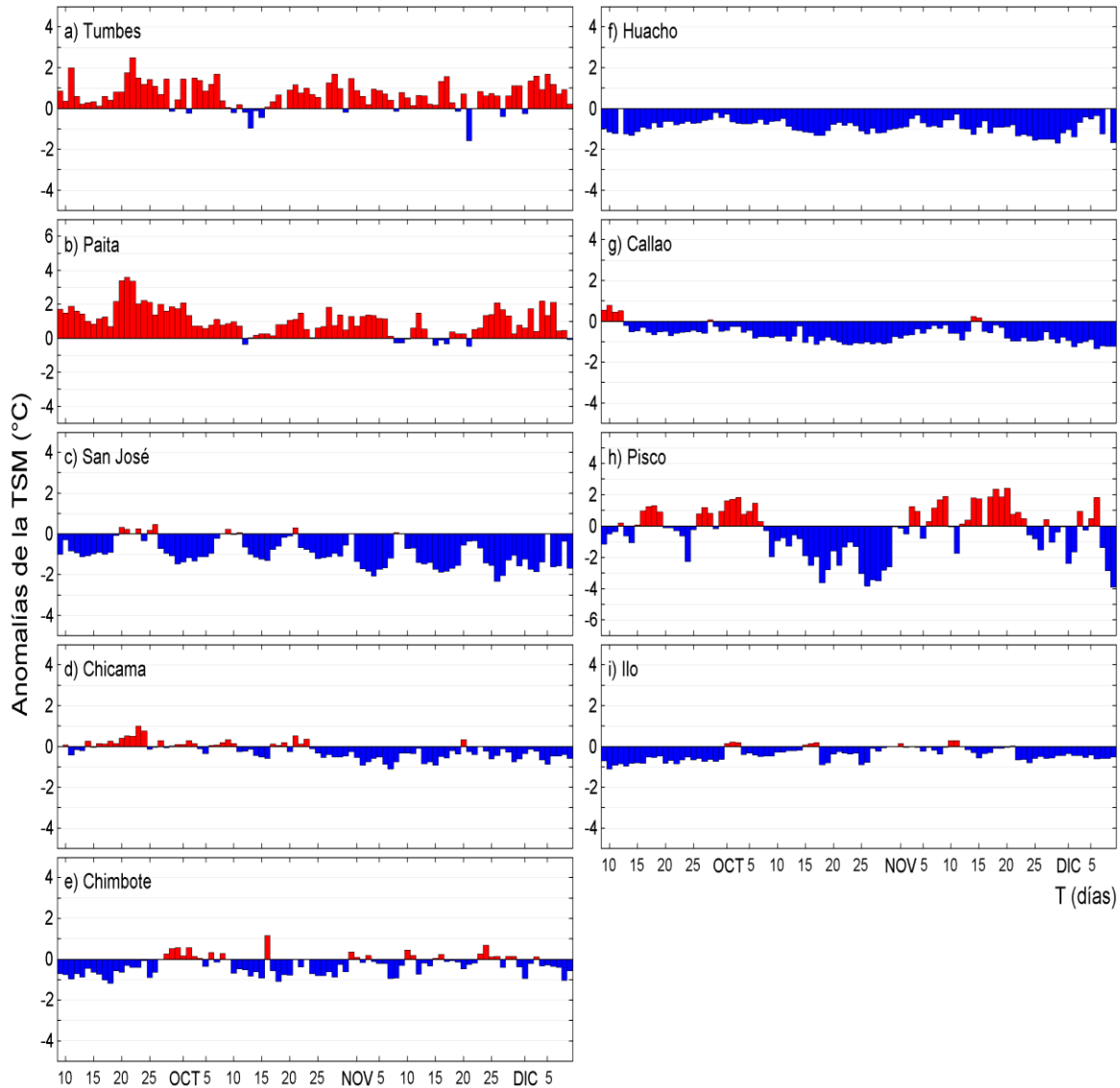


Figura 8: Anomalía de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 3 meses hasta el 9 de diciembre. Fuente: IMARPE.

El nivel del mar (NM) en el litoral se mantuvo por debajo del nivel medio, en correlato con las condiciones frías predominantes. Estos descensos fueron significativos en noviembre, alcanzando anomalías de -10 cm y -15 cm en la primera y tercera semana, respetivamente; y estuvieron asociados al paso de ondas Kelvin frías, las cuales tuvieron un alcance cercano a las 60 millas náuticas. En lo que va de diciembre, el nivel del mar aumentó ligeramente por encima de su valor medio, fuera de la costa (Figuras 9 y 10).

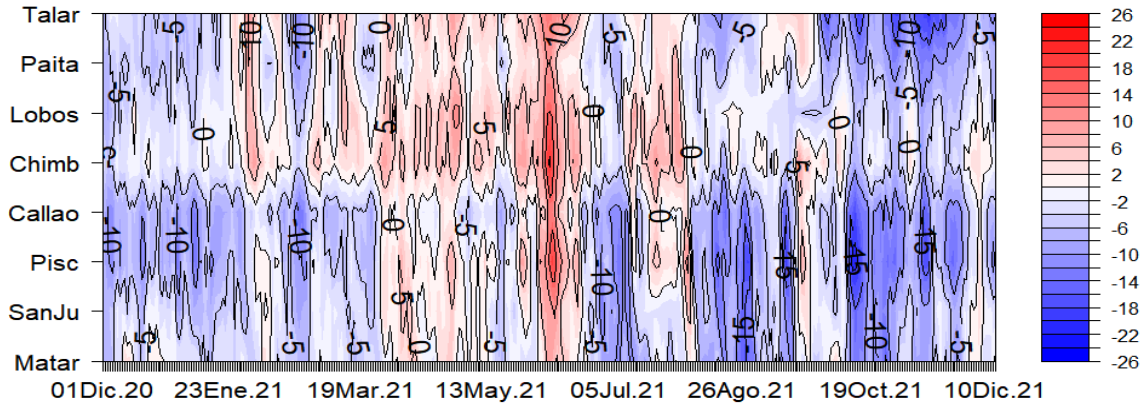


Figura 9: Anomalia de NM diaria a lo largo de la costa peruana, de diciembre 2020 a diciembre 2021. Actualizado al 11 de diciembre de 2021. Climatología: 1981-2010. Fuente: DIHIDRONAV.

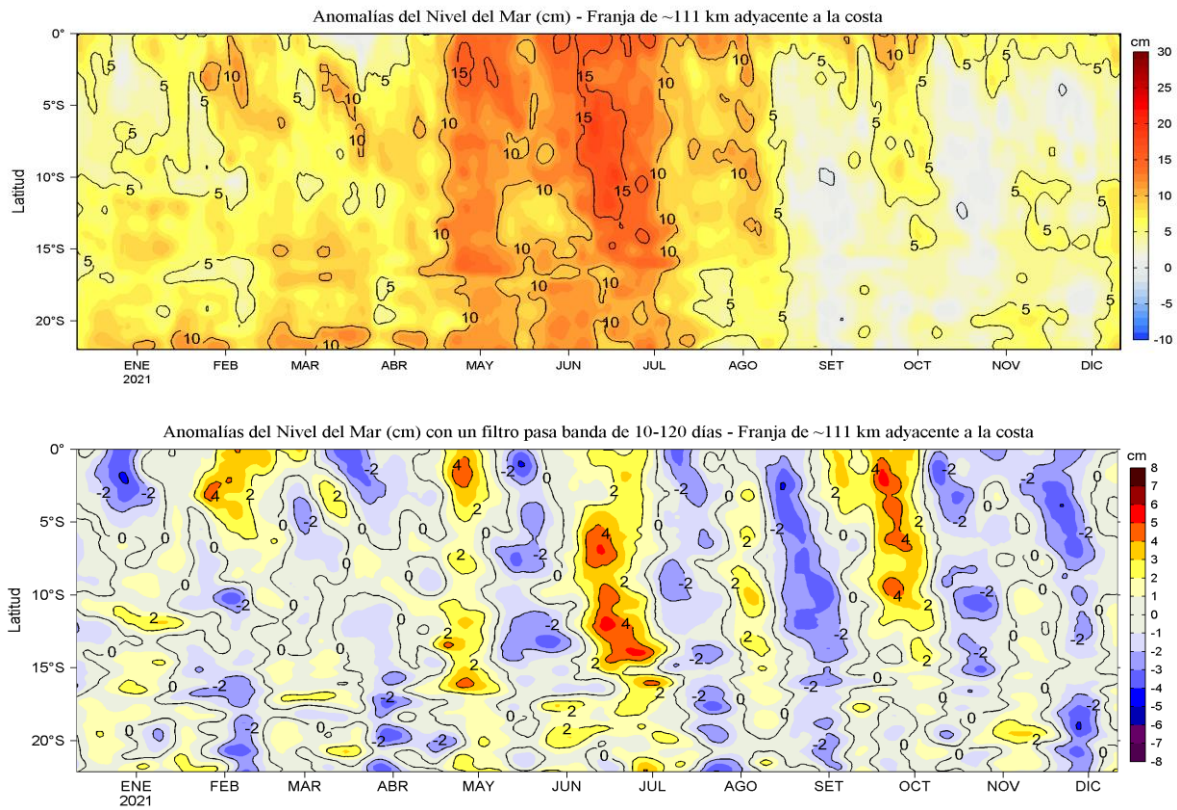


Figura 10: Diagrama Hovmöller de las a) anomalías del nivel del mar (cm) y b) anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 millas náuticas (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 11 de diciembre de 2021. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

La temperatura sub-superficial frente a la costa peruana, durante el mes de noviembre, exhibió el predominio de anomalías negativas dentro de las 100 millas náuticas, con valores entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, sobre los 90 m de profundidad, acorde al efecto del paso de la onda Kelvin fría. Debajo de los 90 m, se observaron en promedio valores de temperatura de acuerdo a su estacionalidad. En lo que va de diciembre, entre Chicama y Chimbote, dentro de las 50 millas náuticas y sobre los 150 m, predominaron anomalías negativas de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la zona costera sobre los 20 m de profundidad (Figura 11 y 12). Asimismo, la termoclina y oxiclina frente a la costa norte y centro se localizaron por encima de su posición habitual para la época (Figura 13). Además, frente a la costa norte, sobre los 50 m de profundidad, se observó el predominio de flujos hacia el norte (Figura 14).

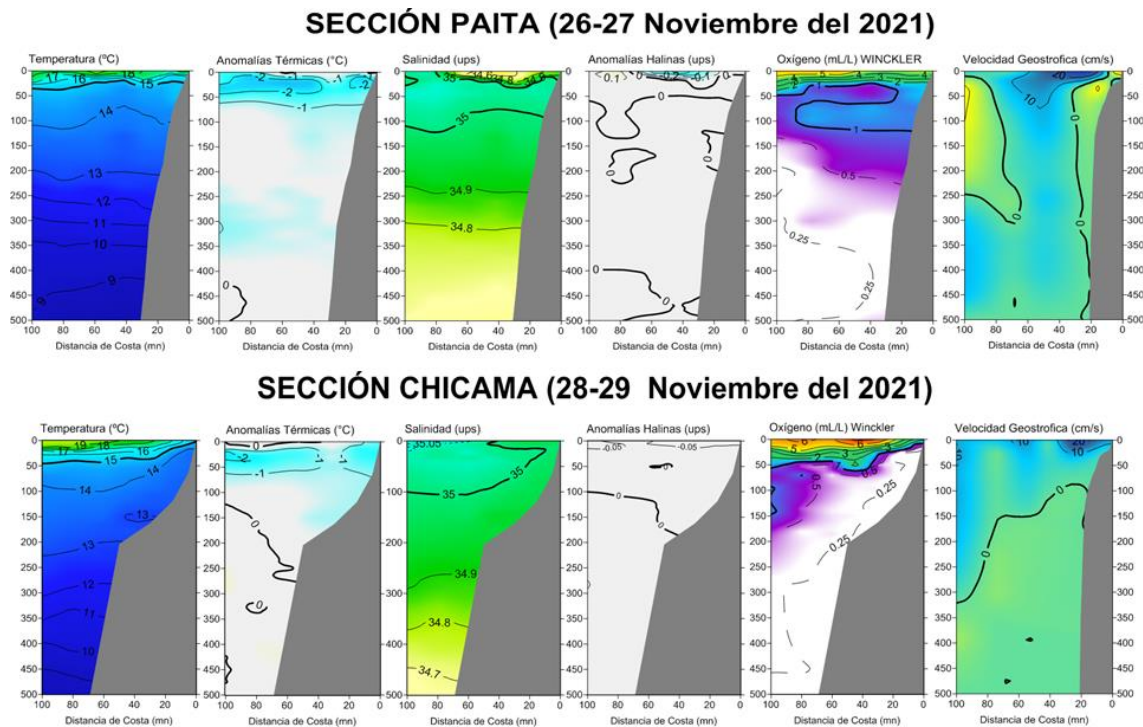


Figura 11. Sección vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto, OD (mL L^{-1}) y velocidad geostrófica (cm s^{-1}) (de izquierda a derecha) frente a Paita y Chicama.

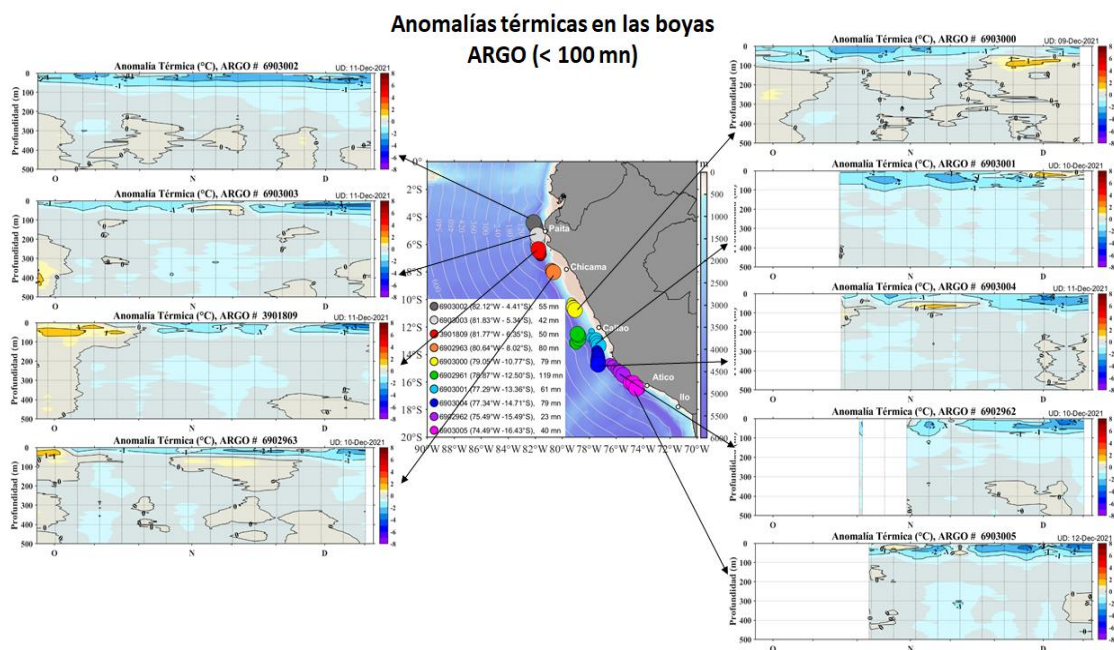


Figura 12. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 m.n.) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de setiembre donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

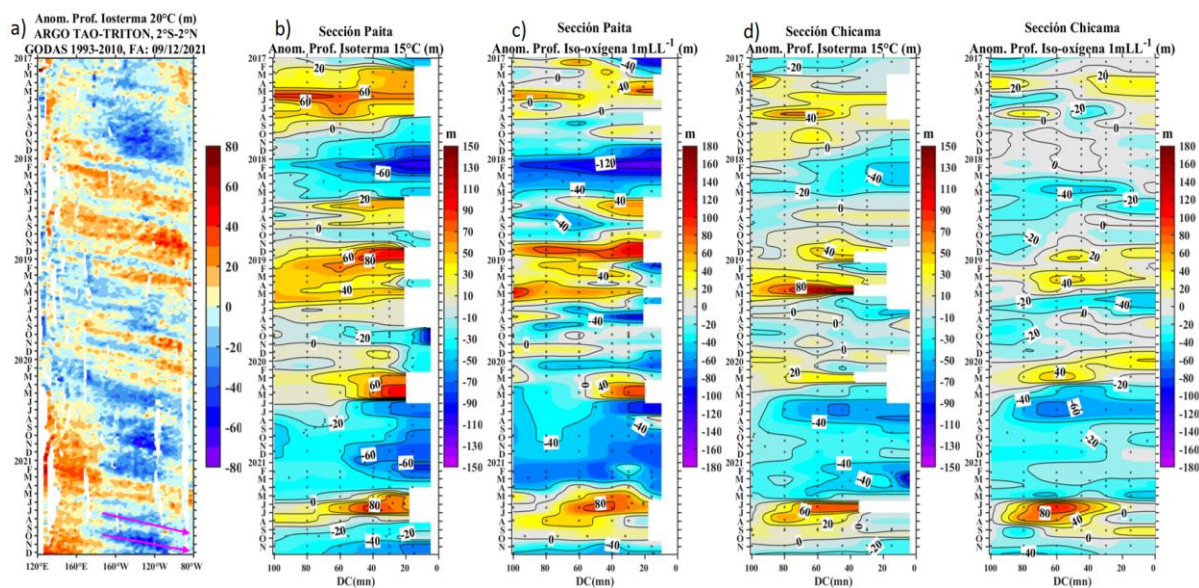


Figura 13. Diagrama Hovmöller de a) profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacífico ecuatorial (120°E – 80°W y 2°N – 2°S) con las boyas ARGO y TAO/TRITON, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Paíta (0-100 millas náuticas), c) anomalía de la profundidad de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹ frente a Paíta (0-100 millas náuticas), d) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Chicama (0-100 millas náuticas), y e) anomalía de la profundidad de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹ frente a Chicama (0-100 millas náuticas). Climatología de 1981 a 2010.

La salinidad superficial del mar (SSM) durante noviembre y lo que va de diciembre indicó la permanencia de las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 60 mn, desde Punta Falsa hacia el sur, aunque con un acercamiento de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) entre Chicama y Callao a partir de la segunda quincena de noviembre, generando el incremento de la cobertura de aguas de mezcla (ASS+ACF) frente a Chicama. Al norte de Punta Falsa, se observó la proyección de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) hacia Paita, principalmente a partir de la segunda quincena de noviembre (Figura 15 y 16).

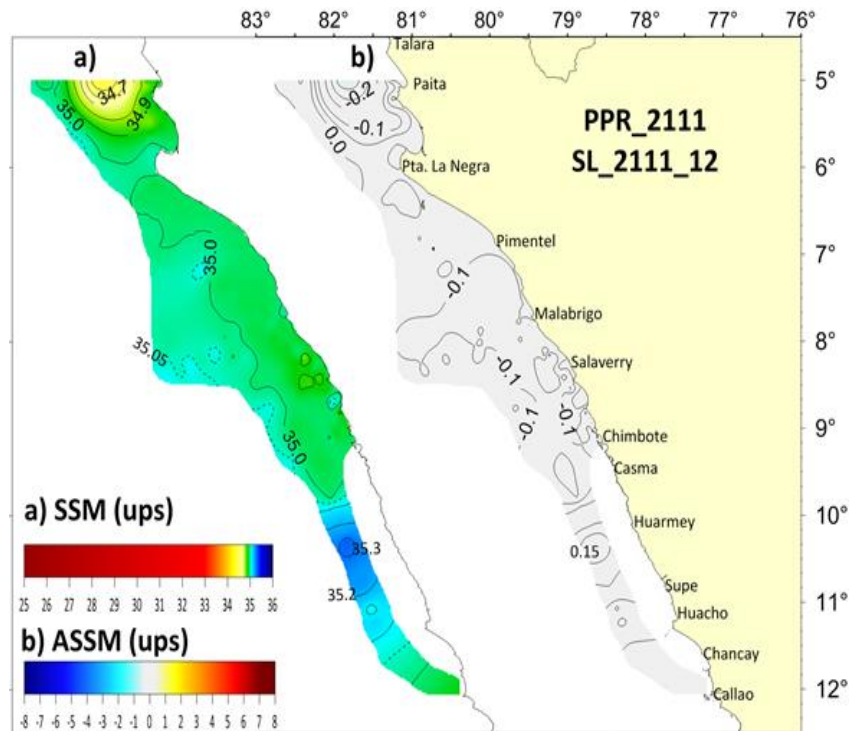


Figura 15 Distribución de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) y Anomalías de Salinidad Superficial del Mar (UPS), Monitoreo de las Líneas de Paita y Chicama, y del Estudio de los Primeros Estados de Vida de la Anchoqueta (*Engraulis Ringens*) en la zona de Chicama-Chimbote, 23 de noviembre al 6 de diciembre. Procesamiento: LHF/M/AFI/OF/DG/OCC/IMARPE.

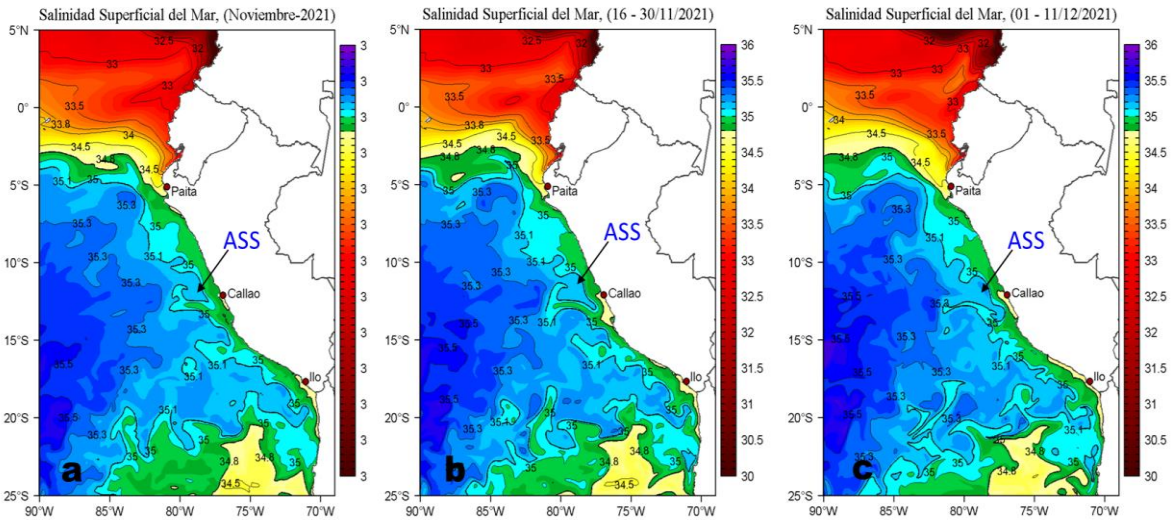


Figura 16. Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar (SSM, °C) durante: a) el mes de noviembre, b) la segunda quincena de noviembre y c) del 01 al 11 de diciembre del 2021; en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: LHF/M/AFOF/DGIOCC/IMARPE.

3.3. Productividad marina y condiciones biológico pesqueras

En noviembre, se registró el límite superior de la Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO, OD < 0,5 mL/L) a 130-220 m y a 20-60 m de profundidad frente a Paita y Chicama, dentro de las 100 y 80 mn, respectivamente; mientras que del sur de Chicama hasta San Juan se localizó a una profundidad entre los 10 y 60 m de profundidad, en promedio. En diciembre, el límite superior de la ZMO se localizó a 60 m de profundidad, a 50 millas náuticas de Salaverry y a 20 m entre Chicama y Chimbote.

De acuerdo a la información satelital, la concentración de clorofila-a para noviembre y lo que va de diciembre presentó valores mayores a su patrón climatológico. El rango observado en el mes de noviembre fue entre 1,0 a 10,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 millas náuticas y al norte de la latitud 14°S. En lo que va de diciembre, en la costa central (Callao-Pisco), se observaron núcleos de hasta 20,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 17).

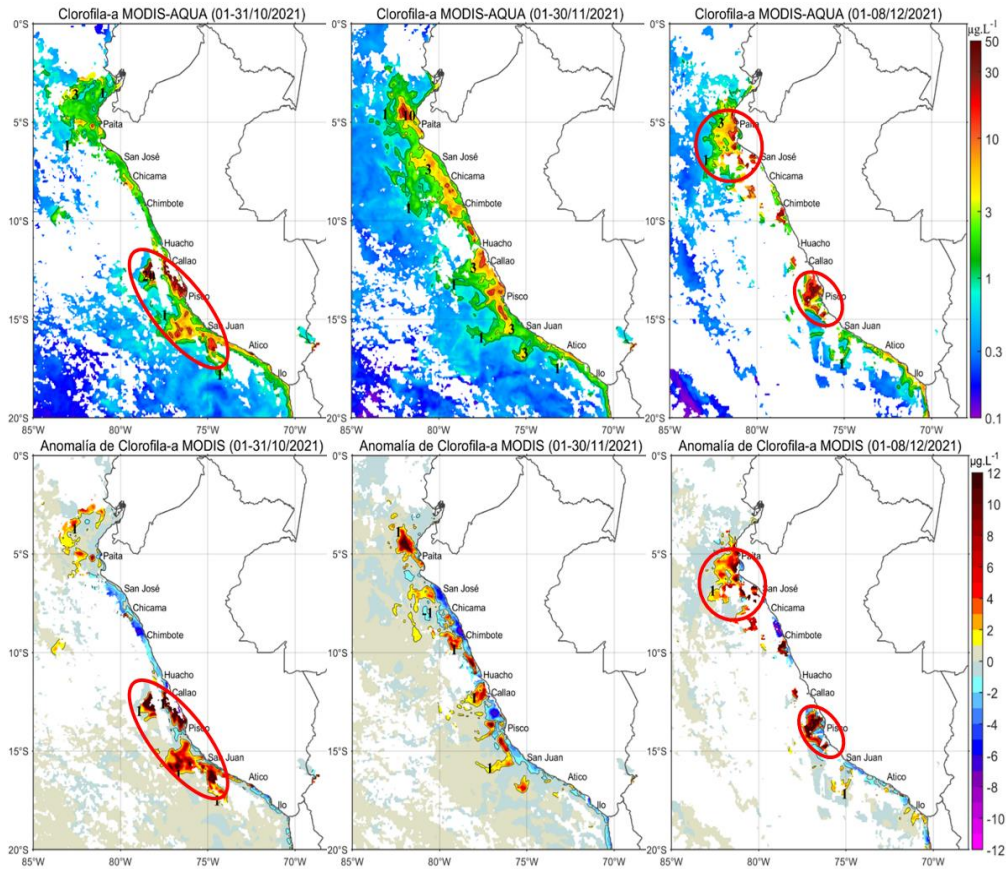


Figura 17. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital (paneles superiores) y su anomalía (paneles inferiores) durante octubre, noviembre y diciembre de 2021, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$). Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE

En la región Norte-Centro, la anchoveta se distribuyó desde Pimentel hasta bahía Independencia, dentro de las 70 millas náuticas de la costa, los juveniles se presentaron dentro de 30 millas náuticas asociados a ACF y los adultos se presentaron en zonas alejadas de la costa asociadas a ACF y AM. La estructura de tallas presentó un amplio rango entre 8,0 a 17,5 cm LT, con moda en 13,0 cm LT y 7% de incidencia de juveniles (Figura 18).

Para el stock Norte-Centro, los indicadores reproductivos de la anchoveta mostraron la culminación del periodo principal de desove de invierno-primavera (Figura 19).

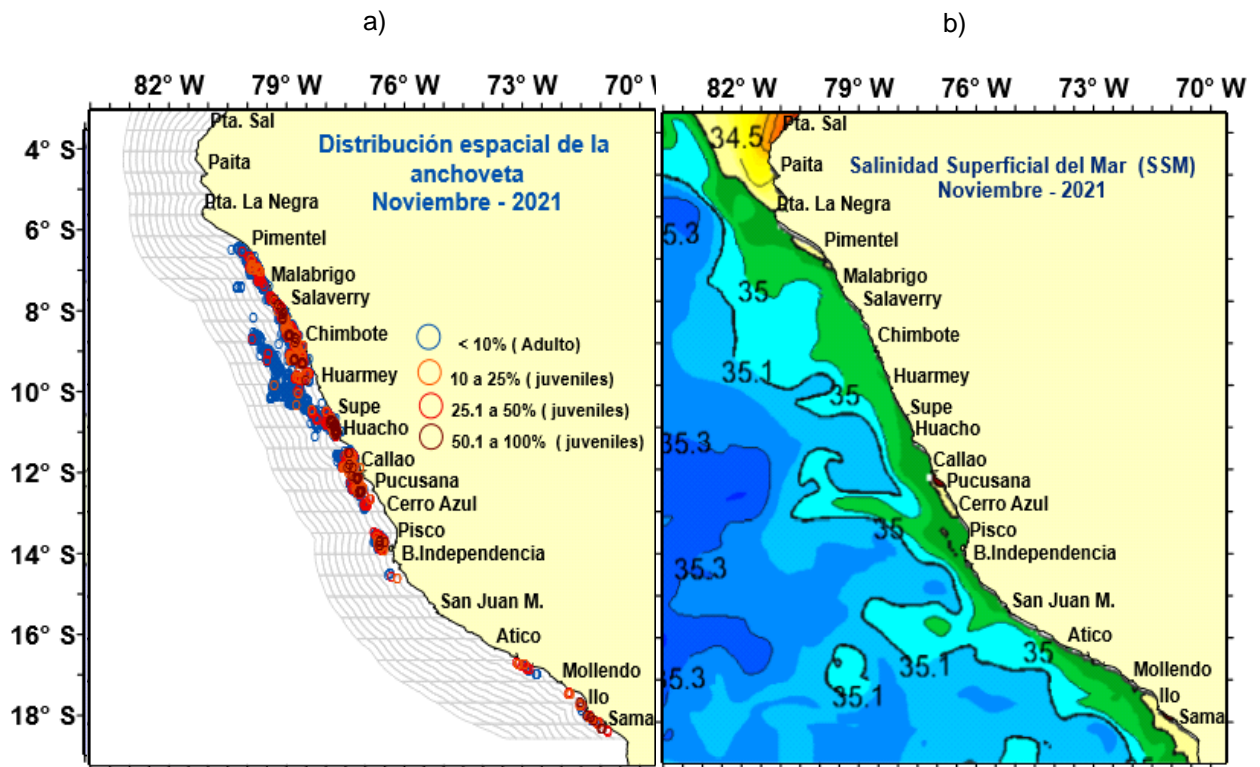


Figura 18. Distribución de lances de pesca con a) capturas de anchoveta: juveniles (círculos rojos) y adultos (círculos azules) y b) salinidad superficial del mar (SSM Periodo noviembre 2021).

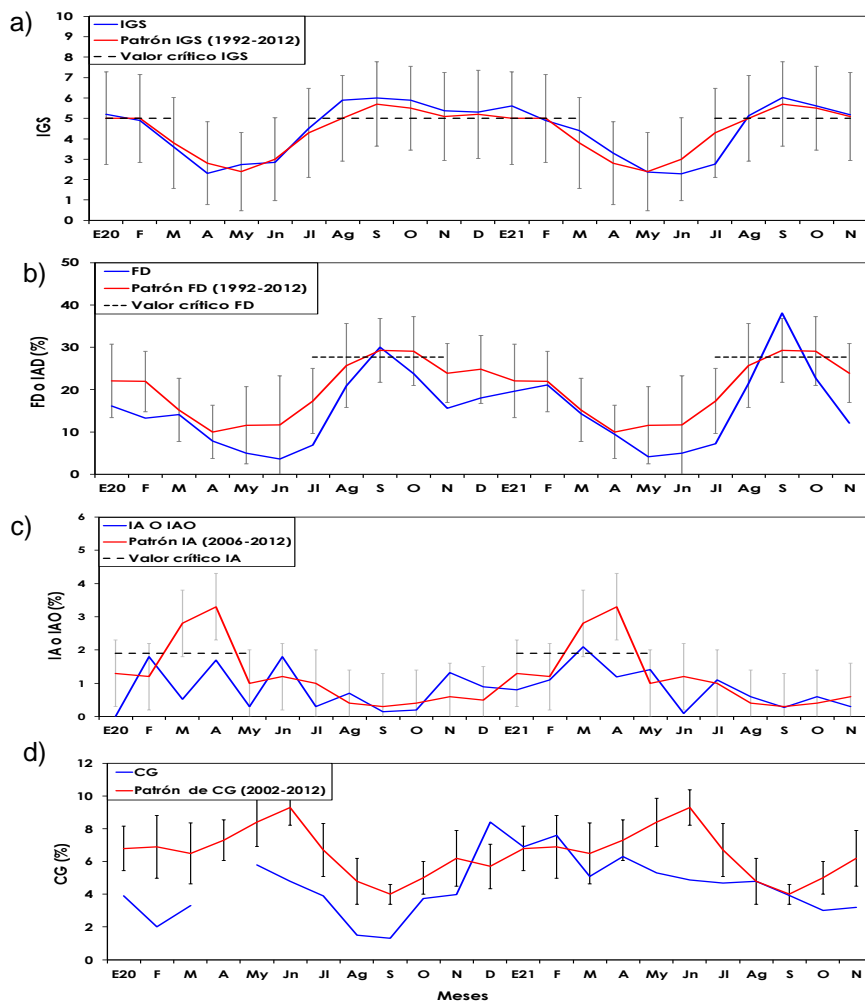


Figura 19. Serie mensual de los indicadores de la condición reproductiva a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, y c) Índice de atresia y de condición somática d) contenido graso. Periodo: enero 2019 – noviembre 2021

Las especies transzonales como el jurel, la caballa y el bonito se distribuyeron dentro de las 90 millas náuticas de costa, principalmente frente a Callao e Ilo, asociados a los frentes halinos (Figura 20). Respecto a la actividad reproductiva, estos recursos presentaron importantes procesos de maduración gonadal y desove, con un aumento del indicador IGS por encima del patrón histórico.

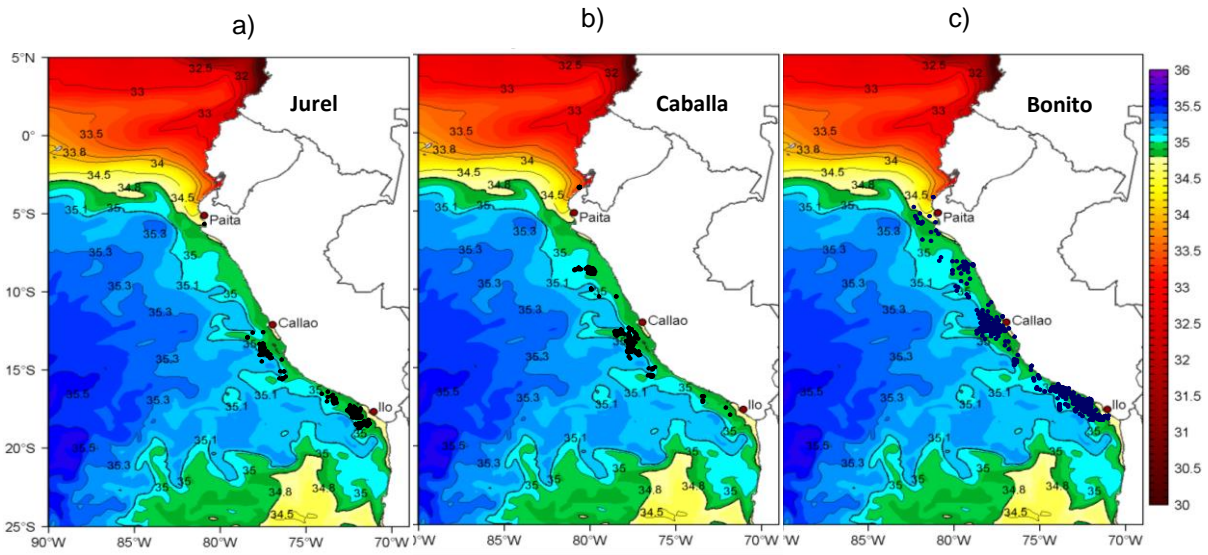


Figura 20. Distribución de lance, realizados por la pesca artesanal, de a) jurel, b) caballa y c) bonito en relación a las masas de agua. Periodo: noviembre 2021.

La merluza se distribuyó entre Puerto Pizarro y Punta la Negra, con mayor concentración al sur de Paíta. Se mantuvieron las modas respecto a los meses anteriores (Figura 21). Las capturas del calamar gigante o pota se realizaron dentro de las 115 millas náuticas, distribuidos entre Callao y Pisco (Figura 22).

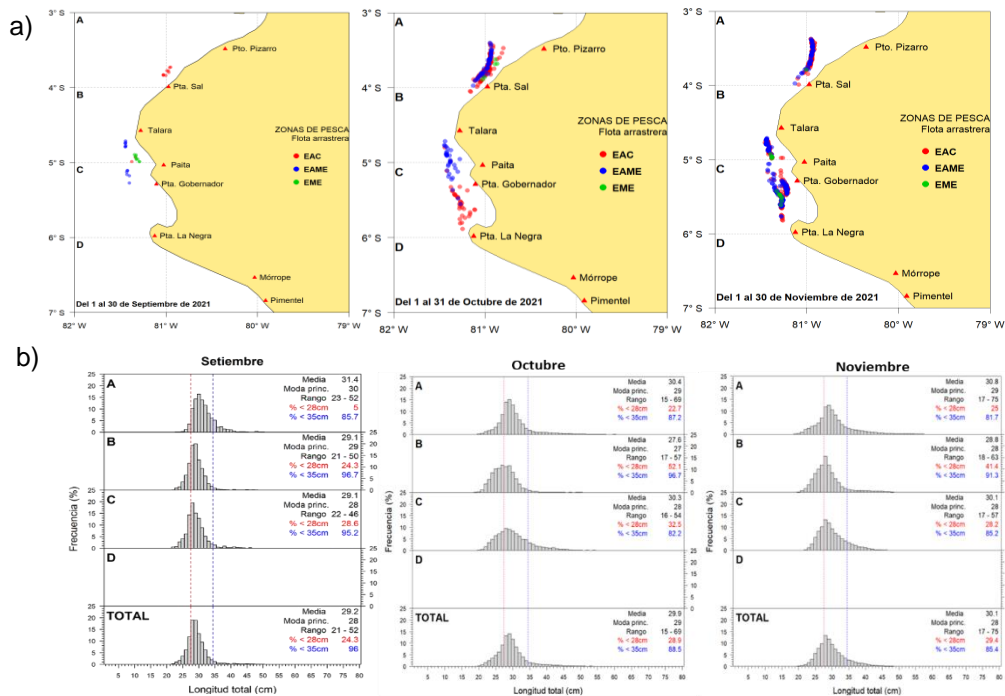


Figura 21. Distribución de los lances y b) estructura de tallas de merluza. Periodo: noviembre 2021.

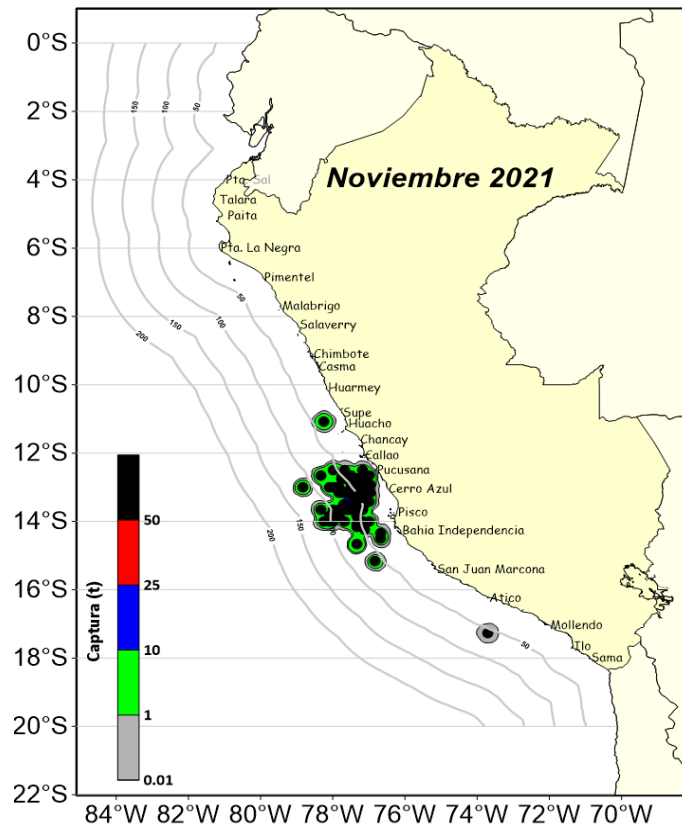


Figura 22. Distribución de lances con calamar gigante o pota. Periodo noviembre 2021

3.4. Condiciones hidrológicas

En noviembre, los caudales de los ríos de la costa norte registraron valores sobre lo normal, muy significativa (anomalías mayores a 50 %), mientras que en los ríos que se ubican en la costa centro y sur predominaron caudales entre lo normal y sobre lo normal, a excepción del río Caplina, que registró caudales por debajo de lo normal. En la región del Altiplano predominaron caudales por debajo de lo normal, alcanzando incluso anomalías negativas significativas de hasta -50 %, a excepción del río llave, que estuvo ligeramente sobre lo normal. En los primeros días de diciembre, todos los ríos de la costa y el Altiplano vienen presentando un aumento en sus caudales (Tabla 3).

Tabla 3: Caudales de los principales ríos del país noviembre – diciembre 2021

Zona	Ríos	Pentadiarios (m³/s)								Promedio (m³/s)	Anomalía (%)
		Noviembre				Diciembre					
Pacífico Norte	Tumbes	26.2	28.1	25.6	24.6	22.9	27.5	26.4	26.3	26.0	59.4
	Chira	38.3	40.7	25.9	43.3	23.8	44.8	49.2	S/D	38.0	74.2
	Chancay Lambayeque	47.2	47.2	31.8	26.5	23.1	42.5	33.4	37.6	36.2	118.4
	Zaña	7.1	7.0	5.4	4.8	4.9	4.5	4.4	5.8	5.5	83.4
	Jequetepeque	25.8	28.7	19.1	20.8	22.9	34.8	29.3	37.9	27.4	202.5
	Chicama	8.7	12.3	8.6	6.8	5.6	21.6	20.6	29.7	14.2	274.5
	Santa	90.2	105.5	84.6	87.1	109.4	199.8	168.0	378.6	152.9	60.5
Pacífico Centro	Pativilca	18.3	19.7	19.2	16.8	18.8	52.6	48.4	85.5	34.9	42.6
	Chillon	2.9	2.1	2.0	1.8	2.8	5.7	5.4	S/D	3.2	8.9
	Rímac	22.2	22.0	21.9	22.0	24.1	30.8	22.6	38.7	25.5	7.4
	Cañete	17.7	15.4	15.4	14.9	18.6	36.6	46.5	99.0	33.0	104.1
	Pisco	5.1	5.7	5.7	6.0	7.6	11.0	10.0	26.5	9.7	83.4
Pacífico Sur	Ocoña	38.1	34.6	34.4	34.8	34.0	48.9	50.7	73.1	43.6	24.9
	Tambo	7.1	8.3	7.8	7.7	7.9	S/D	S/D	S/D	7.7	18.2
	Sama	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	S/D	S/D	0.7	94.9
	Caplina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	S/D	S/D	0.3	-27.1
Titicaca	Huancane	1.2	1.2	5.5	2.2	1.3	6.9	13.1	18.1	6.2	77.8
	Ramis	-49.6	-55.4	-56.4	-53.4	-53.0	-48.3	52.2	165.2	-12.3	6.0
	Coata	8.1	7.5	8.1	8.6	10.1	47.4	39.8	63.5	24.1	200.9
	Ilave	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	7.6	10.6	11.3	5.7	-2.6

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

Por otro lado, a nivel nacional continúan disminuyendo los volúmenes de agua almacenada en los reservorios, a excepción de Tinajones, Gallito Ciego y Aguada Blanca que mantienen valores cercanos a su capacidad máxima. En la Tabla 4 se observa el estado de los reservorios al 8 de diciembre de 2021.

Tabla 4: Estado situacional de los reservorios al 08 de diciembre del 2021

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Pochos	8-Nov	Piura	445.5	201.4	45.2
Costa - Norte	San Lorenzo	8-Nov	Piura	195.6	84.1	43.0
Costa - Norte	Tinajones	8-Nov	Lambayeque	331.6	331.3	99.9
Costa - Norte	Gallito Ciego	8-Nov	La Libertad	366.6	310.2	84.6
Costa - Centro	Viconga	23-Oct	Lima	30.0	2.6	8.7
Costa - Centro	Choclococha	8-Nov	Ica	131.1	90.1	68.7
Costa - Centro	Ccaracocha	8-Nov	Ica	40.0	30.1	75.3
Costa - Sur	Condorama	8-Nov	Arequipa	259.0	125.7	48.5
Costa - Sur	El Pañe	8-Nov	Arequipa	99.6	49.2	49.4
Costa - Sur	Dique Los Españoles	8-Nov	Arequipa	9.1	1.7	18.7
Costa - Sur	Pillones	8-Nov	Arequipa	78.5	56.9	72.5
Costa - Sur	El Frayle	8-Nov	Arequipa	127.2	93.4	73.4
Costa - Sur	Aguada Blanca	8-Nov	Arequipa	30.4	22.8	74.9
Costa - Sur	Chalhuanca	8-Nov	Arequipa	25.0	2.2	8.8
Costa - Sur	Bamputaño	8-Nov	Arequipa	40.0	12.2	30.5
Costa - Sur	Pasto Grande	8-Nov	Moquegua	200.0	163.6	81.8
Costa - Sur	Paucarani	8-Nov	Tacna	10.5	4.8	45.7
Costa - Sur	Laguna Aricota	8-Nov	Tacna	280.0	200.4	71.6
Costa - Sur	Jarumas	8-Nov	Tacna	13.0	10.8	83.1
Sierra - Centro	Cuchoquesera	8-Nov	Ayacucho	80.0	27.5	34.4
Sierra - Centro	Lago Junin	8-Nov	Junin	441.0	71.1	16.1
Sierra - Sur	Lagunillas	8-Nov	Puno	585.1	429.0	73.3
Sierra - Sur	Sibinacocha	8-Nov	Cusco	110.0	43.2	39.3
Situación Nacional				3,487.9	2,293.2	65.7

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

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En Piura y Lambayeque, las temperaturas diurnas de normales a superiores a lo normal, favorecieron la fructificación y maduración del mango; en tanto que, en las zonas arroceras como Puchaca (Lambayeque) y Talla-Guadalupe (La Libertad), las temperaturas diurnas ligeramente frías y las mínimas normales promovieron el desarrollo vegetativo y la etapa reproductiva de los arrozales. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas máximas y mínimas ligeramente frías favorecieron la fructificación del olivo (Figura 23).

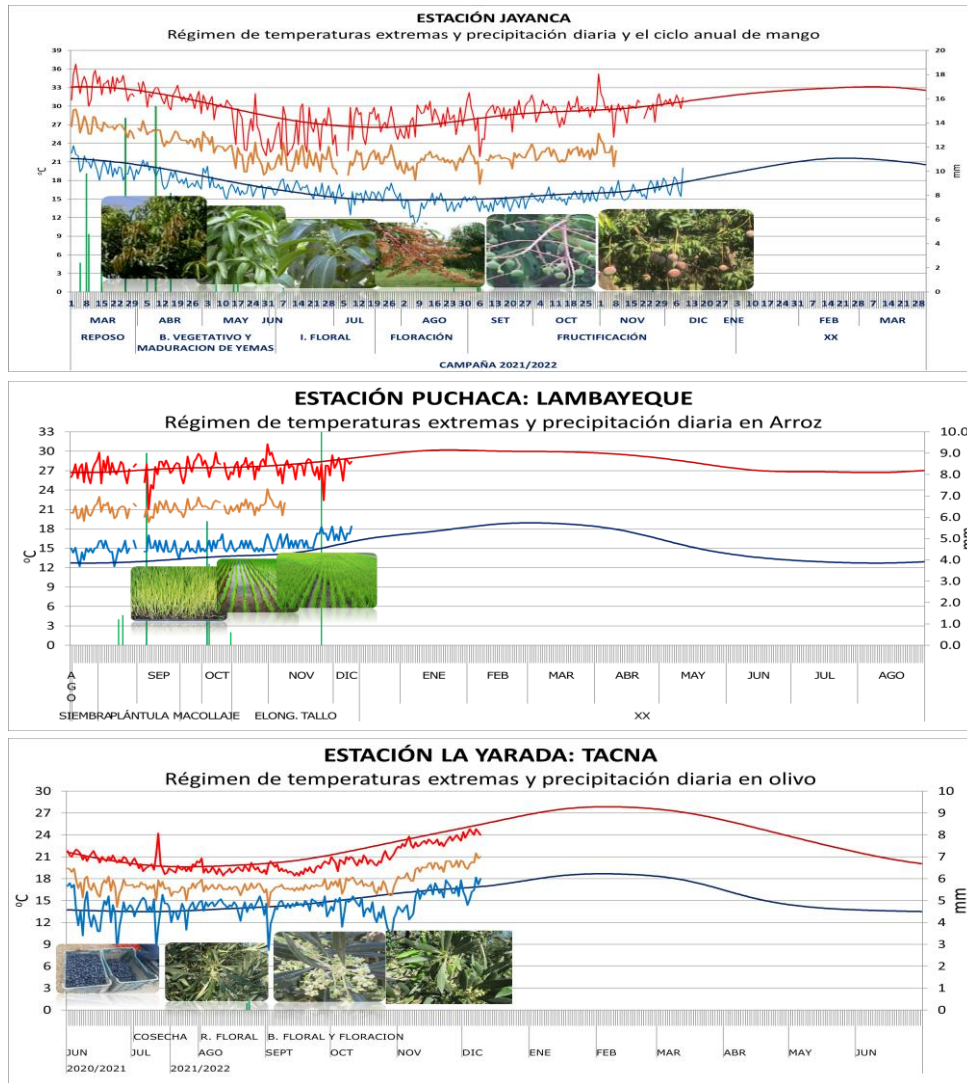


Figura 23. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo en algunos valles costeros. Campaña agrícola 2021/2022. Fuente: SENAMHI.

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 presencia por lo menos hasta mayo de 2022, alcanzando su máxima intensidad en enero de 2022 (Tabla 5). En la región Niño 1+2, se esperarían, en promedio, condiciones frías débiles hasta enero de 2022; las anomalías negativas se mantendrían hasta junio, 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	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-1.17	-1.25	-1.18	-1.00	-0.85	-0.67	-0.42	-0.14
CanCM4i		-1.18	-1.19	-0.91	-0.54	-0.30	-0.10	0.13	0.41
GEM5_NEMO		-1.11	-1.25	-1.24	-1.11	-0.88	-0.63	-0.42	-0.30
NASA		-2.10	-3.00	-3.27	-2.86	-2.34	-2.00	-1.71	-1.41
GFDL_SPEARE		-0.67	-0.47	-0.27	-0.08	0.09	0.23	0.35	0.42
NCAR_CCSM4		-1.12	-1.21	-1.13	-0.88	-0.59	-0.33	-0.16	-0.07
NMME		-1.23	-1.40	-1.33	-1.08	-0.81	-0.58	-0.37	-0.18
ICENtmp	-1.03								

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	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-1.20	-1.14	-0.85	-0.63	-0.50	-0.30	0.01	0.31
CanCM4i		-0.92	-0.80	-0.63	-0.55	-0.42	-0.19	0.18	0.53
GEM5_NEMO		-1.12	-0.98	-0.75	-0.66	-0.74	-0.82	-0.69	-0.45
NASA		-1.30	-1.44	-1.43	-1.32	-1.13	-0.85	-0.49	-0.20
GFDL_SPEARE		-0.97	-0.77	-0.46	-0.16	0.10	0.32	0.49	0.57
NCAR_CCSM4		-1.14	-0.99	-0.62	-0.36	-0.12	0.15	0.43	0.55
NMME		-1.11	-1.02	-0.79	-0.61	-0.47	-0.28	-0.01	0.22
ICENtmp	-1.03								

Para la región Niño 3.4, los patrones atmosféricos en desarrollo y proyectados por los modelos numéricos internacionales muestran una configuración típica de un evento La Niña en el Pacífico central, por lo menos hasta febrero de 2022. Entre estos patrones se encuentran la persistencia de anomalías de vientos del este en niveles bajos de la atmósfera en el Pacífico occidental central, así como los vientos del oeste en niveles altos sobre el Pacífico central y oriental tropical. Posteriormente, se espera que el evento pase a una fase de declinación hacia marzo del próximo año, de acuerdo a la dinámica de El Niño/Oscilación Sur (ENOS).

Según los modelos de ondas, a lo largo de la costa peruana se esperan aún anomalías negativas en el nivel del mar y TSM en la siguiente semana debido al paso del primer paquete de ondas de Kelvin frías. Por otro lado, no se espera un impacto relevante en las condiciones oceánicas debido al paso de la onda de Kelvin cálida. Asimismo, se espera que un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías arribe a la costa peruana a fines de diciembre y extienda su presencia durante el mes de enero. Finalmente, la onda Kelvin cálida, localizada actualmente en la zona occidental, de tener la energía suficiente, arribaría a la costa peruana durante el mes de febrero (Figura 24).

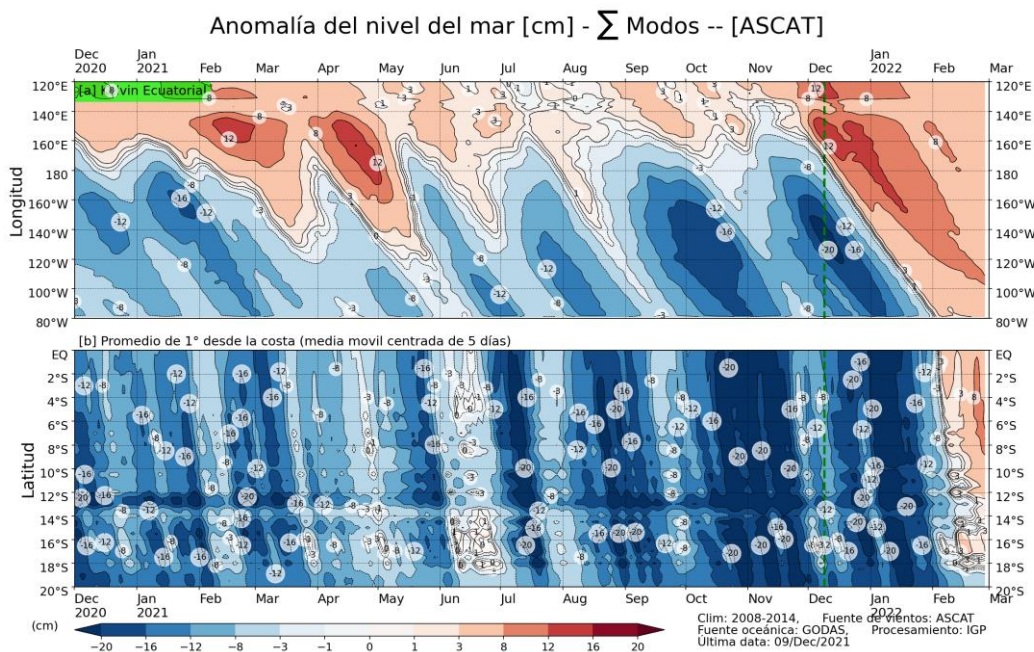


Figura 24: Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT. Fuente: IGP.

En base a lo expuesto, considerando el análisis de los datos observados 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 intensidad débil con máximas anomalías negativas entre diciembre y enero (Tabla 7 y Figura 25). Por otro lado, para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones frías débiles⁴ para diciembre (53%) y de condiciones neutras entre enero y marzo (57% - 73%). Dada la alta variabilidad en la región Niño 1+2 se estima una probabilidad baja (de 14% a 18%) de una condición cálida débil entre febrero y marzo de 2022 (Tabla 8 y Figura 25).

Tabla 7: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre diciembre de 2021 y marzo de 2022. Pacífico central	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	48	49	25	5
Fría débil	52	51	65	55
Neutro	0	0	10	40
Cálida débil	0	0	0	0
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	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 diciembre de 2021 y marzo de 2022.

Pacífico oriental	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	53	38	10	8
Neutro	47	53	74	73
Cálida débil	0	5	15	18
Cálida moderado	0	0	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

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.

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

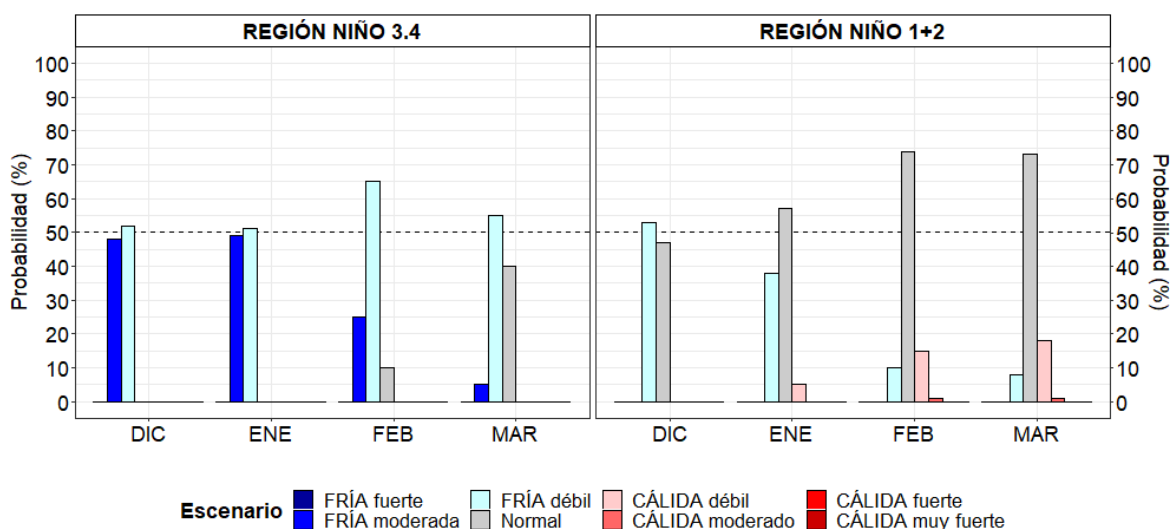


Figura 25. Probabilidades estimadas mensuales de las condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa del Perú, derecha) entre diciembre 2021 y marzo de 2022.

Asimismo, para el primer trimestre de 2022, el ENFEN prevé una mayor probabilidad (90%) de que las condiciones La Niña en el Pacífico central se mantengan, siendo más probable la magnitud de La Niña Débil (65%) (Tabla 9). Por otro lado, en la región Niño 1+2, que incluye la costa peruana, se estima con mayor probabilidad (63%) la predominancia de condiciones neutras durante dicho trimestre (Tablas 10).

Tabla 9: Probabilidades de las magnitudes de El Niño – La Niña en la región Niño 3.4 (Pacífico central) en el verano 2022.

Magnitud del evento diciembre 2021 - marzo 2022	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña moderada	25
La Niña débil	65
Neutro	10
El Niño débil	0
El Niño moderado	0
El Niño fuerte	0
El Niño muy fuerte	0

Tabla 10: Probabilidades de las magnitudes de El Niño – La Niña costeros en la región Niño 1+2 (frente a la costa norte del Perú) en el verano 2022.

Magnitud del evento diciembre 2021 - marzo 2022	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	0
La Niña moderada	0
La Niña débil	23
Neutro	63
El Niño débil	14
El Niño moderado	0
El Niño fuerte	0
El Niño extraordinario	0

El pronóstico de lluvias para el próximo verano 2022 indica una mayor probabilidad de lluvias por encima de lo normal en gran parte de la región andina y selva norte, principalmente; mientras que en la costa norte se esperan lluvias por debajo de lo normal, aunque no se descartan posibles eventos localizados de corta duración⁵. Este pronóstico, en promedio, estaría mostrando la influencia del evento La Niña en el Pacífico central.

Desde el punto de vista biológico y de acuerdo al escenario oceanográfico se prevé que la anchoveta continúe presentando una amplia distribución espacial en la región norte - centro y que los indicadores reproductivos presentarán baja actividad desovante, de acuerdo a su patrón histórico, preparándose para el próximo desove secundario de verano (febrero).

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, se mantenga dentro del rango neutral hasta el término del verano de 2022, aunque con valores negativos.

⁵ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-5.pdf>

Por otro lado, se espera que continúe el desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central hasta el verano de 2022, siendo más probable que el evento alcance una magnitud débil. Se prevé que entre diciembre y enero se alcance las máximas anomalías negativas.

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 enero 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.
- 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/10.1175/1520-485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-485(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/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
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,

Salinidad		X	X	X																		X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Período climatológico: 1981-2010.	
Corrientes Marinas		X																						IMARPE	*Disponible desde los 60s, Frecuencia mensual.
Oxígeno y Nutrientes		X	X	X																				IMARPE	*Cruceros disponibles desde los 60s, otras observaciones disponibles desde 2015, Período climatológico: 1981-2010.
Clorofila																						X	IMARPE	* Promedio mensual y pentadal corresponden a MODIS y SeaWiFS+MODIS corregido, respectivamente, *Cobertura nubosa de MODIS,	
VARIABLES BIOLOGICO-PESQUERAS																									
Desembarques pesqueros																						X	IMARPE	*Disponible desde 1959 con frecuencia diaria y mensual.	
Distribución espacial de recursos				X																		X	IMARPE	*El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.	
Biometría e indicadores				X																		X	IMARPE	*Información par anchoveta disponible desde 1959 con frecuencia variable (diaria, mensual, semestral).	
VARIABLES DE RECURSOS HIDRICOS Y AGROMETEOROLÓGICAS																									
Caudal de ríos			X																				ANA		
Reservorios y embalses			X																				ANA		
Desarrollo de cultivos																						X	SENAMHI		