

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N°04

ABRIL 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:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

Presidente 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. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Roberto Salazar Gonzales)

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de División (r) Alfredo Enrique Murgueytio Espinoza

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Ing. Juvenal Medina Rengifo

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

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

Coordinador Científico-Técnico: Dimitri Gutiérrez.

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

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

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe, Glicerio Canchari, Andrés Rodríguez, Yury Escajadillo, Tania Ita, Vannia Aliaga, Jorge Llamoca y Felix Cubas.

IGP: Kobi Mosquera, Yamina Silva y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Ernesto Fonseca Salazar

INDECI: Jakie Rojas.

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° 04, abril de 2021, 51 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 Abril 2021



La gran diversidad y productividad de la zona continental como marítima del territorio peruano se altera eventualmente por eventos de la naturaleza que ocurren a diferentes escalas de tiempo y espacio. Entre ellos, el Fenómeno El Niño reviste singular importancia por sus impactos en el Perú como a nivel global.

Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada. En mayo de 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside de la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo actualmente con la participación de algunas instituciones de la Comisión ENFEN en el Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, en el producto denominado “Estudios para la estimación del riesgo de desastres” y actividad “Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño”, emitiendo como resultado una versión resumida denominado “Comunicado Oficial” que se publica mensualmente, y en algunas oportunidades quincenalmente en períodos de contingencia, así como una versión extendida “Informe Técnico” de carácter mensual. Este último documento incorpora elementos de información, que tengo el honor de presentar, esperando que contribuya a mejorar el conocimiento y a adoptar decisiones y acciones oportunas hacia una eficiente y eficaz gestión del riesgo asociado a El Niño-Oscilación del Sur en nuestro país.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JAGT'.

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada
Presidente de la Comisión Multisectorial para El
Estudio Nacional del Fenómeno El Niño

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODOS.....	4
2.1. Variables	4
2.2. Índices.....	5
2.3. Modelos y Pronósticos	6
III. CONDICIONES OBSERVADAS EN ABRIL DE 2021	8
3.1. Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial	8
3.2. Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana	9
3.3. Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano	9
3.4. Impactos biológico-pesqueros.....	10
3.6. Impactos agrometeorológicos	11
IV. PRONÓSTICO	12
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	13
VI. REFERENCIAS.....	14
VII. TABLAS.....	17
VIII. FIGURAS	23
IX. ANEXO.....	49
9.1. VARIABLES UTILIZADAS.....	49

RESUMEN EJECUTIVO

En abril de 2021 continuaron las anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) y extremo oriental (región Niño 1+2), con un promedio de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Durante abril, una onda Kelvin cálida arribó a la región Niño 1+2, la cual se propagó a lo largo de la costa peruana hacia fines de dicho mes y generó incremento en el nivel del mar hasta 10 cm sobre el nivel medio y anomalías positivas de la temperatura del mar entre los 40 y los 70 m de profundidad. A inicios de mayo, una onda Kelvin fría se localizó en 120°W y se desplaza hacia la costa americana. La TSM en el mar peruano, dentro de las 50 millas náuticas (m.n.) presentó anomalías promedio de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, principalmente en la zona sur y, valores puntuales de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el norte. Por otro lado, entre los 50 y 200 m.n., a inicios de abril predominaron anomalías negativas de TSM, principalmente en la zona norte. En la capa subsuperficial, dentro de las 100 m.n. adyacentes a la costa norte del Perú, predominaron anomalías negativas sobre los 70 m.

Respecto a las masas de agua, aguas subtropicales superficiales (ASS) se aproximaron hacia la costa entre Chimbote y Callao; en tanto que, aguas ecuatoriales superficiales (AES) se replegaron hacia el norte, respecto a marzo.

La concentración superficial de clorofila-a varió de 3 a $10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa peruana, con anomalías negativas de entre -3 a $-5\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 30 m.n. y, con valores positivos de hasta $+4\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ en la zona oceánica. En el aspecto biológico-pesquero, en la región Norte-Centro la anchoveta se distribuyó desde Sechura hasta San Fernando dentro de las 60 m.n.; mientras que, en la región Sur el recurso se distribuyó dentro de las 20 m.n. de la costa entre Mollendo e Ilo. Las especies transzonales como jurel, caballa y bonito se localizaron principalmente entre las 20 a 80 m.n. El calamar gigante o pota se distribuyó frente a Pimentel y desde Supe a Cerro Azul, entre 30 y 100 m.n. La merluza mantuvo la presencia de ejemplares adultos e incrementó su desembarque en su área de distribución (Puerto Pizarro y Punta La Negra).

En el aspecto hidrológico, los caudales de los principales ríos del país disminuyeron significativamente y, los volúmenes de agua de los principales embalses se mantuvieron cerca de sus capacidades de almacenamiento con ligeros descensos principalmente en el sur del país.

En el aspecto agrometeorológico, las condiciones térmicas favorecieron el desarrollo y la maduración de brotes vegetativos de mango en los valles de Piura y Lambayeque; del mismo modo, en los valles arroceros de la región norte, se promovió el avance de sus fases reproductivas y de llenado del grano de los arrozales. Por otro lado, en la costa sur, las temperaturas propiciaron el inicio de la maduración de la aceituna negra.

PERSPECTIVAS

Se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial central continúen dentro del rango normal, por lo menos hasta agosto. Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), se espera que continúe el arribo de la onda Kelvin fría, previéndose además la llegada de una onda Kelvin cálida en junio. Estas oscilaciones contribuirían a mantener la temperatura del mar en su rango normal. Respecto a las temperaturas del aire, en la costa norte estas continuarían en sus rangos normales y ligeramente por debajo de lo normal en la costa central y sur, por lo menos hasta julio.

El pronóstico probabilístico indica que, para el Pacífico ecuatorial central se estima que la probabilidad de condiciones neutras varíe entre 77 % y 79 % entre mayo y agosto. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras entre mayo y agosto, variando entre 80 % y 83 %; además, la probabilidad de condiciones cálidas alcanzaría su máximo valor en julio, con 15 %.

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, en particular en su zona norte y centro. 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, así como en base a los informes mensuales de cada entidad integrante de esta comisión que participa en el monitoreo y pronóstico de las condiciones océano-climáticas, así como de sus manifestaciones e impactos en el mar peruano y 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 la Tabla A.1.1. 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.

TSM de OSTIA

Para el océano global, el producto de la TSM de OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) 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>.

En el presente informe se toma en cuenta la TSM del producto 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. Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014).

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 solamente con dos modos baroclínicos (modo 1, modo 2), los que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, resultado que proporciona 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. Para mayor detalle del modelo, se puede ir a 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

Para los pronósticos 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 entre sí 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 ABRIL DE 2021

3.1. Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el Pacífico ecuatorial central las anomalías negativas de TSM continuaron disminuyendo, con un promedio para abril de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). Asimismo, en la región Niño 1+2 se mantienen las anomalías negativas de TSM con $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ para abril, dicho valor se encuentra dentro de los umbrales de condiciones normales (Figura 2, Tabla 1).

El ICEN de marzo de 2021 y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril continúan dentro del rango de las condiciones neutras. Por otro lado, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo y el ONI temporal (ONI-tmp) de abril indican condiciones frías débiles (Figura 3, Tabla 2). Cabe mencionar que, los valores del ICEN caracterizan la región centro y norte del mar peruano; mientras que, los del ONI, la región del Pacífico ecuatorial central.

En niveles bajos de la tropósfera (1000-850 hPa), en el Pacífico ecuatorial occidental y oriental predominaron anomalías de vientos del oeste; mientras que, sobre el Pacífico ecuatorial central, la magnitud de los vientos alisios estuvo alrededor de sus valores normales. En niveles altos de la tropósfera (200 hPa), a lo largo del Pacífico ecuatorial predominaron anomalías del oeste durante la primera quincena de abril, para luego cambiar a anomalías del este en la segunda quincena, condición que favoreció la ocurrencia de cortos periodos de lluvias en la región norte del Perú (Figura 4 y Figura 5).

La onda Kelvin cálida, mencionada en el Comunicado Oficial 04-2021 (ENFEN, 2021), arribó a la región Niño 1+2 en abril, propagándose a lo largo de la costa peruana hacia fines de dicho mes. Esta onda impactó sobre las condiciones térmicas, principalmente durante la segunda quincena del mes.

Durante este periodo se observaron anomalías positivas de la temperatura del mar entre los 40 y los 70 m de profundidad. Por otro lado, la onda Kelvin fría, mencionada en el Comunicado Oficial 04-2021 (ENFEN, 2021), se localizaría alrededor de los 120°W (Figura 6).

3.2. Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), durante abril, continuó presentando, en promedio, una configuración zonal con un núcleo ligeramente debilitado (1018 hPa) respecto al mes anterior (1020 hPa). Esta condición propició el debilitamiento de los vientos alisios sobre el Pacífico central; mientras que, la episódica intensificación y aproximación del APS hacia la costa sudamericana en la segunda quincena de abril, propició cortos periodos de incremento de vientos a lo largo de la costa peruana (Figura 7 y Figura 8).

Las temperaturas máxima y mínima del aire en la costa centro presentaron, en promedio, valores por debajo de lo normal; mientras que, en la costa norte y sur, se registraron valores dentro del rango normal (anomalías ± 1 °C) (Figura 9).

3.3. Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano

En lo que respecta al nivel del mar (NM), este se mantuvo alrededor de sus valores medios durante la primera quincena de abril y; desde la tercera semana del mes, los niveles aumentaron hasta 10 cm por encima del nivel medio en el norte. Este incremento también se observó dentro de la franja adyacente a la costa peruana hasta las 60 millas náuticas (m.n.), en la última semana de abril (Figura 10).

Durante abril, en el mar peruano predominaron las anomalías negativas de TSM; dentro de las 50 m.n. las anomalías, en promedio, fueron de -1 °C siendo de mayor magnitud en la zona sur y con anomalías puntuales de -2 °C al norte de Chicama. Entre las 50 y 200 m.n., a inicios de abril predominaron anomalías negativas de TSM principalmente en la zona norte (Figura 11, Figura 12 y Tabla 3).

En la capa subsuperficial, en el mes de abril, frente al Golfo de Guayaquil y por fuera de las 360 m.n. se desarrollaron anomalías de +1 °C sobre los 50 m (Figura 13); mientras que, dentro de las 100 m.n. adyacentes a la costa peruana, en la zona norte, se observó anomalías entre -1 °C y -3 °C sobre los 70 m (Figura 14).

En cuanto a las masas de agua, según el sistema operacional Mercator Ocean, se detectó la aproximación de las aguas subtropicales superficiales (ASS) de alta salinidad a la costa entre Chimbote y Callao, así como el repliegue hacia el norte de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) de baja salinidad, respecto a marzo (Figura 15).

La concentración de la clorofila superficial, indicador de la producción del fitoplancton, en este mes, varió de 3 a 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa. Respecto a las anomalías, en abril fueron negativas dentro de las 30 m.n., entre -3 a -5 $\mu\text{g L}^{-1}$ y, en la zona oceánica se observaron principalmente valores positivos de hasta +4 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 16).

3.4. Impactos biológico-pesqueros

La anchoveta en la Región Norte – Centro para fines de abril se distribuyó desde Sechura hasta San Fernando dentro de las 60 m.n.; mientras que, en la región sur, entre Mollendo e Ilo, este recurso se distribuyó dentro de las 20 m.n. de la costa (Figura 17). En ambas zonas se evidenció una importante mezcla entre ejemplares adultos y juveniles, observando en el norte-centro un crecimiento de los ejemplares de anchoveta respecto al Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos, el cual se desarrolló entre febrero e inicios de abril. Asimismo, la anchoveta no presentó una actividad reproductiva importante en ambas regiones (Figura 18).

Las especies transzonales como jurel, caballa y bonito se localizaron principalmente entre las 20 y 80 millas náuticas, posiblemente asociadas a los frentes y vórtices observados en superficie (Figura 19).

La merluza mantuvo la presencia de ejemplares adultos e incrementó su desembarque en su área de distribución (Puerto Pizarro y Punta La Negra), probablemente asociada a los flujos del norte que fueron detectados (Figura 20). El calamar gigante o pota se distribuyó frente a Pimentel y de Supe a Cerro Azul entre 30 y 100 millas náuticas (Figura 21).

3.5. Impactos hidrológicos

Los caudales de los principales ríos del país disminuyeron de forma significativa a partir de la segunda semana del mes de abril; sin embargo, predominaron condiciones hidrológicas entre lo normal a sobre lo normal (Figura 22). Respecto a los volúmenes de agua almacenados de los principales embalses, estos se mantuvieron cerca de sus capacidades de almacenamiento, con ligeros descensos principalmente en el sur del país (Figura 23 y Tabla 4).

3.6. Impactos agrometeorológicos

Durante el mes de abril, en las zonas productoras de mango de Piura (San Lorenzo, Chulucanas y Morropón) y Lambayeque (Olmos, Motupe y Jayanca) las temperaturas diurnas con valores normales y las nocturnas ligeramente frías favorecieron el desarrollo y la maduración de brotes vegetativos del mango; mientras que, en los valles arroceros de la región norte, esta variabilidad térmica promovió el avance de sus fases reproductivas y de llenado del grano de los arrozales. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), la predominancia de las condiciones térmicas diurnas y nocturnas normales hasta fines de abril propiciaron el inicio de la maduración de la aceituna negra (Tabla 5).

IV. PRONÓSTICO

Considerando la tendencia de las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central, analizando el consenso de la mayoría de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales y, con el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas en esta región continúen dentro del rango normal por lo menos hasta agosto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en este periodo del año los modelos de pronóstico presentan algunas limitaciones debido a la barrera de predictibilidad (Duan & Wei, 2012) (Tabla 6).

Para la región Niño 1+2, se espera que continúe el arribo de la onda Kelvin fría, previéndose además la llegada de una onda Kelvin cálida en junio (Figura 24, Figura 25 y Figura 26). En conjunto, estas oscilaciones contribuirían a mantener la temperatura del mar en su rango normal durante este periodo (Tabla 7). Asimismo, las temperaturas del aire en la costa norte continuarían en sus rangos normales, y ligeramente por debajo de lo normal en la costa central y sur, por lo menos hasta julio (SENAMHI, 2021).

De acuerdo con el análisis descrito, se presentan cuadros de pronóstico probabilístico de juicio experto de las condiciones mensuales de la TSM entre mayo y agosto de 2021. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras (ENFEN, 2012) entre mayo y agosto, variando entre 80 % y 83 %; además, la probabilidad de condiciones cálidas alcanzaría su máximo valor en julio, con 15 % (Tabla 8). Para el Pacífico central, se estima que la probabilidad de condiciones neutras varíe entre 77 % y 79 % entre mayo y agosto; mientras que, las probabilidades de condiciones frías débiles disminuyen hasta julio y se incrementan en agosto (Tabla 9).

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 la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, se mantendría, en promedio, dentro de su rango normal, al menos hasta agosto de 2021. Las temperaturas del aire en la costa, en promedio, se mantendrían dentro de sus rangos normales en la costa norte y ligeramente por debajo de lo normal en la costa centro y sur, por lo menos hasta julio de 2021.

Por otro lado, se prevé que las condiciones oceánicas en el Pacífico ecuatorial central continúen alrededor de lo normal, por lo menos hasta agosto de 2021.

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 Abderrahim, Croize-Fillon Denis, 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.Grodsk,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](https://doi.org/10.1029/2001GL014452).
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- 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.
- ENFEN, 2021. Comunicado Oficial ENFEN, N°.04-2021, 15 de abril de 2021.

- 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
- 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.
- SENAMHI. 2021. Perspectivas para el período mayo – julio 2021. Informe técnico N°04-2021/ SENAMHI-DMA-SPC. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-8.pdf>
- 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.
- 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 populacoes 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. TABLAS

Tabla 1: Valores promedio de la TSM y sus anomalías (ATSM) en las regiones El Niño en el Pacífico durante los últimos 8 meses. Fuente: DIHIDRONAV.

TSM - ATSM mensual								
R. Niño	Niño 4		Niño 3.4		Niño 3		Niño 1+2	
sep-20	28,3	-0,4	25,8	-1,0	23,6	-1,3	19,5	-0,9
oct-20	27,9	-0,8	25,3	-1,4	23,6	-1,3	19,6	-1,2
nov-20	27,9	-0,7	25,3	-1,3	23,8	-1,2	20,9	-0,7
dic-20	27,7	-0,8	25,5	-1,0	24,4	-0,8	22,2	-0,7
ene-21	27,1	-1,2	25,5	-1,1	25,0	-0,7	23,7	-0,8
feb-21	27,2	-1,0	25,8	-0,9	25,8	-0,6	25,5	-0,7
mar-21	27,8	-0,6	26,8	-0,5	26,8	-0,4	26,5	-0,3
abr-21	28,5	-0,2	27,4	-0,5	27	-0,7	24,9	-0,8

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
abr-20	+0,19	Neutro	+0,28	Neutro
may-20	+0,02	Neutro	-0,01	Neutro
jun-20	-0,51	Neutro	-0,23	Neutro
jul-20	-0,93	Neutro	-0,38	Neutro
ago-20	-1,14	Fría Débil	-0,59	Fría Débil
sep-20	-1,00	Neutro	-0,95	Fría Débil
oct-20	-0,95	Neutro	-1,21	Fría Moderada
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
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
abr-21	-0,81	Neutro	-0,67	Fría Débil
may-21	-0,66	Neutro	-0,55	Fría Débil

Tabla 3: Anomalías de la TSM en las estaciones costeras de DIHIDRONAV (Talara, Paita, Lobo, Salaverry, Chimbote, Callao, San Juan, Mollendo e Ilo) e IMARPE (Tumbes y Chicama).

Mes	Tumbes	Talara	Paita	Lobos	Chicama	Salaverry	Chimbote	Callao	San Juan	Mollendo	Ilo
nov-20	+0,5	-1,5	-0,6	-1,3	-0,7	+0,5	-0,6	+0,2	-0,5	+0,5	-0,5
dic-20	+0,4	-1	0	-1,3	-0,6	-0,1	-1	-0,5	-0,8	-0,1	-0,7
ene-21	+0,8	-0,2	-0,7	-1,3	-0,6	-0,8	-1,6	-0,5	-1,6	+0,1	-1
feb-21	+0,6	-2,2	-2,8	-1,3	-0,3	NA	-1,5	-0,6	-1,3	+0,2	-1,6
mar-21	+1	-0,9	-1,5	-0,5	+0,2	NA	+0,1	-0,1	-1,5	-0,2	-1,2
abr-21	+0,8	-2,1	-1,4	-2,2	-1,4	-1,2	-1,3	-0,2	-0,8	+0,2	-0,8

Tabla 4: Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de abril 2021,
Fuente: ANA,

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm ³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa Norte	Poechos	PECHP	30-Abr	Piura	438.30	390.10	89.00
Costa Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	30-Abr	Piura	195.60	195.60	100.00
Costa Norte	Tinajones	PEOT	30-Abr	Lambayeque	285.90	285.90	100.00
Costa Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	30-Abr	La Libertad	366.60	366.10	99.90
Costa Centro	Viconga	STATKRAFT PERU S.A.	30-Abr	Lima	30.00	25.30	84.30
Costa Centro	Ccaracocha	PETACC	30-Abr	Ica	40.00	37.70	94.30
Costa Centro	Choclococha	PETACC	30-Abr	Ica	131.10	131.10	100.00
Costa Sur	Condorama	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	259.00	259.00	100.00
Costa Sur	Pañe	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	99.60	98.50	98.90
Costa Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	9.10	8.90	97.80
Costa Sur	Pillones	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	78.50	78.50	100.00
Costa Sur	El Frayle	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	127.20	127.20	100.00
Costa Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	30-Abr	Arequipa	30.40	25.80	84.90
Costa Sur	Chalhuanca	EGASA	30-Abr	Arequipa	25.00	25.00	100.00
Costa Sur	Bamputañe	EGASA	30-Abr	Arequipa	40.00	39.90	99.80
Costa Sur	Pasto Grande	PERPG	30-Abr	Moquegua	200.00	200.00	100.00
Costa Sur	Represa Paucarani	PET	30-Abr	Tacna	10.50	9.20	87.60
Costa Sur	Represa Jarumas	PET	30-Abr	Tacna	12.50	12.50	100.00
Costa Sur	Aricota	EGESUR	30-Abr	Tacna	280.00	215.10	76.80
Sierra Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S.A.	30-Abr	Junín	441.00	305.30	69.20
Sierra Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	31-May	Ayacucho	80.00	80.00	100.00
Sierra Sur	Lagunillas	PELTC	31-May	Puno	585.10	498.50	85.20
Sierra Sur	Sibinacocha	EGEMSA	31-May	Cusco	110.00	99.40	90.40
Situación Nacional					3 875.40	3 511.2	90.69

Tabla 5: Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de abril del 2021, Fuente: SENAMHI

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLÓGICA	ESTADO
MANGO	Tumbes	Cañaverál	Criollo		Brote vegetativo	Bueno
	Piura	Chulucanas	Edward		Brote vegetativo	Bueno
	Piura	Bigote	Criollo		Brote vegetativo	Bueno
	Lambayeque	Olmos	Edward		Brotes vegetativos- Maduración de yemas	Bueno
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Brotes vegetativos- Maduración de yemas	Bueno
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Brotes vegetativos- Maduración de yemas	Bueno
	Ica	Palpa	Criollo		Brote vegetativo	Bueno
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43	02/03/2021	Macollaje	Bueno
	Piura	Partidor	Mallares	18/01/2021	Maduración lechosa	Bueno
	Piura	Morropon	Tinajones	13/01/2021	Maduración pastosa	Bueno
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	10/02/2021	Desarrollo de panoja	Bueno
	Lambayeque	Talla	El Valor	18/12/2020	Maduración lechosa	Bueno
	Lambayeque	Puchaca	El Valor	04/01/2021	Floración	Bueno
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43	31/12/2020	Desarrollo de panoja	Bueno
	Arequipa	Aplao	Tinajones	02/11/2020	Maduración córnea	Bueno
	Arequipa	La Haciendita	IR-43	12/10/2020	Maduración córnea	Bueno
	Arequipa	Camana				
	Arequipa	Hacienda Pampata				
	Arequipa	La Pascana	Tinajones	17/12/2020	Maduración córnea	Bueno
	Arequipa	Ocoña				
OLIVO	Moquegua	Ilo				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Maduración (aceituna verde)	Bueno

Tabla 6: Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3,4), Fuente: IGP,

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		-0,55	-0,44	-0,43	-0,48	-0,59	-0,7	-0,78
CanCM4i		-0,46	-0,36	-0,46	-0,64	-0,79	-0,93	-1,05
GEM_NEMO		-0,61	-0,57	-0,61	-0,64	-0,7	-0,74	-0,76
GFDL_SPEARE		-0,45	-0,2	-0,06	-0,06	-0,2	-0,44	-0,67
NASA		-0,88	-1,12	-1,46	-1,78	-2,14	-2,48	-2,69
NCAR_CCSM4		-0,35	-0,28	-0,47	-0,74	-0,94	-1,08	-1,19
NMME		-0,55	-0,49	-0,58	-0,72	-0,89	-1,06	-1,19
ONI tmp	-0,67							

Tabla 7: Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2), Fuente: IGP,

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		-0,33	0,03	0,2	0,14	0,05	-0,11	-0,32
CanCM4i		-0,63	-0,37	-0,16	-0,07	-0,06	-0,14	-0,24
GEM_NEMO		-0,5	-0,13	0,22	0,17	-0,02	-0,34	-0,54
GFDL_SPEARE		-0,84	-0,62	-0,35	-0,32	-0,38	-0,43	-0,49
NASA		-1	-1,17	-1,36	-1,38	-1,36	-1,34	-1,42
NCAR_CCSM4		-0,66	-0,34	-0,06	-0,06	-0,22	-0,44	-0,67
NMME		-0,66	-0,43	-0,25	-0,25	-0,33	-0,47	-0,61
ICEN tmp	-0,81							

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 mayo y agosto de 2021.

Pacífico oriental	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	11	5	5	7
Neutro	83	81	80	80
Cálida débil	6	14	15	13
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 9: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre mayo y agosto de 2021.

Pacífico central	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	21	19	15	17
Neutro	78	78	79	77
Cálida débil	1	3	6	6
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

VIII. FIGURAS

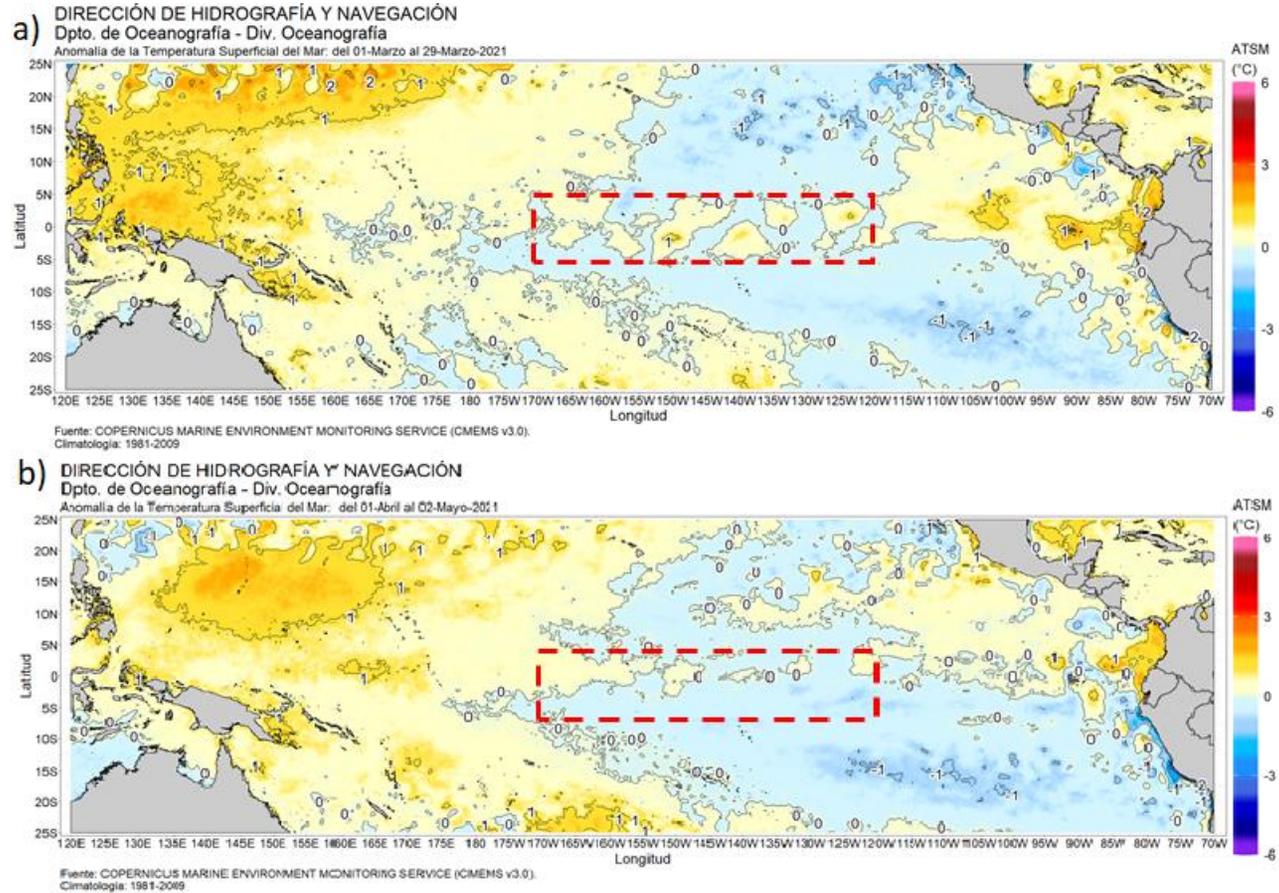


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante (a) marzo y (b) abril de 2021, La región Niño 3,4 está delimitada con el recuadro rojo, Fuente: CMEMS v.3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV,

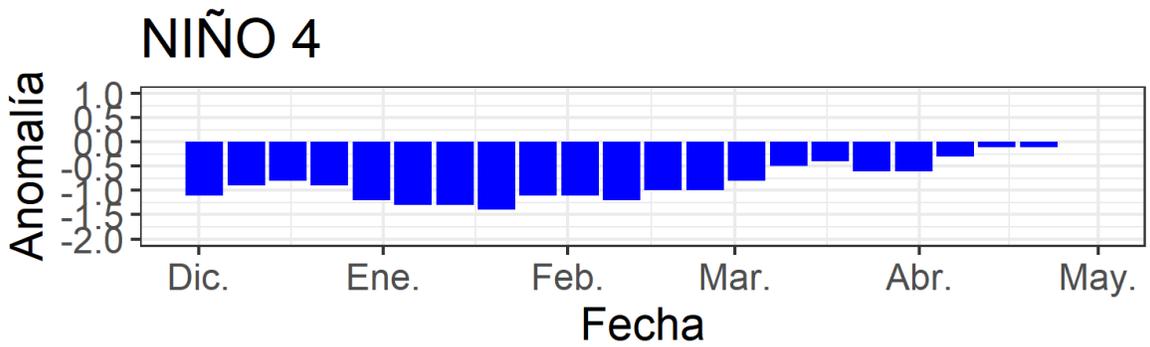
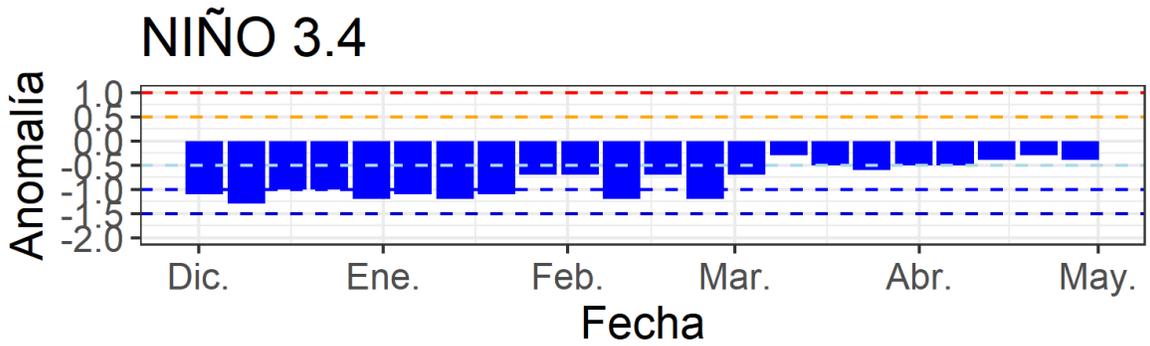
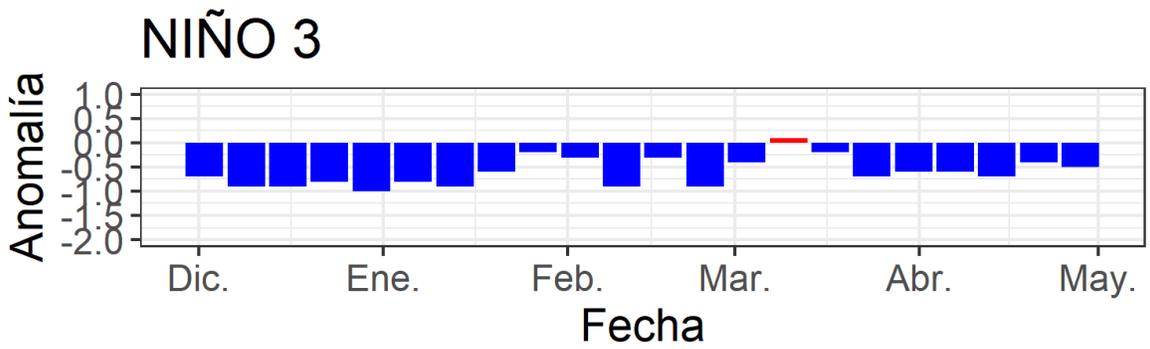
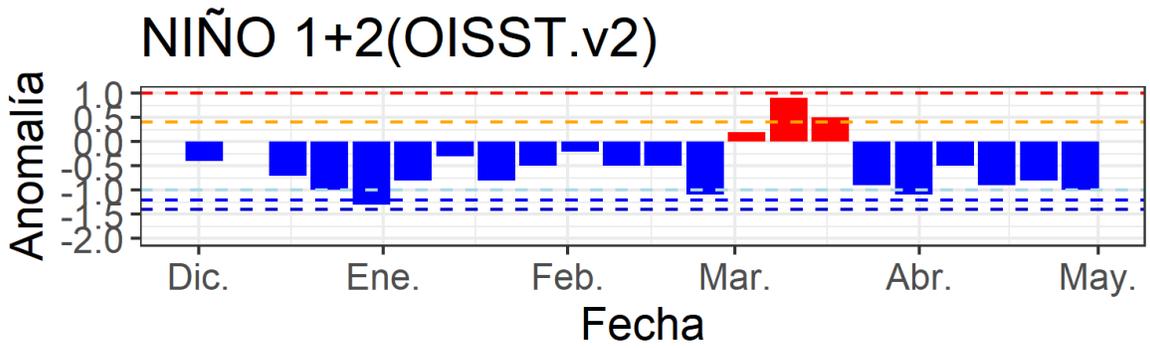


Figura 2: Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde noviembre del 2020 hasta abril del 2021, Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV,

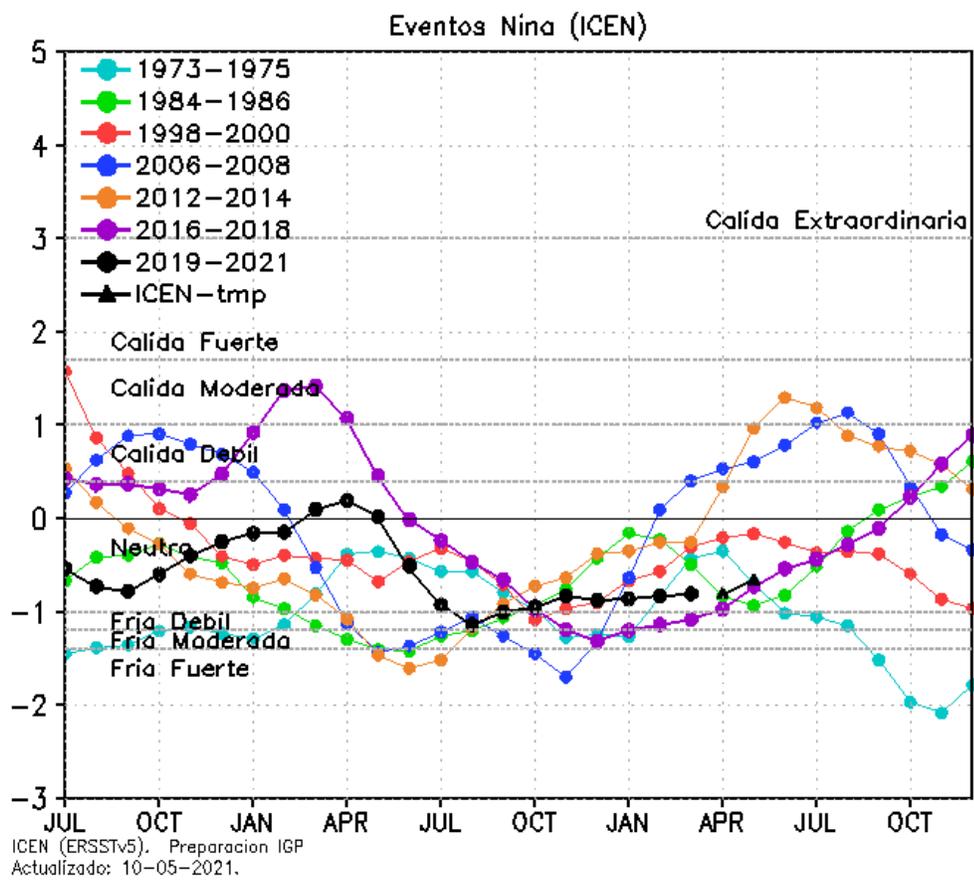


Figura 3: Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (celeste), 1984-1986 (verde), 1998-2000 (rojo), 2006-2008 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro), Fuente: IGP,

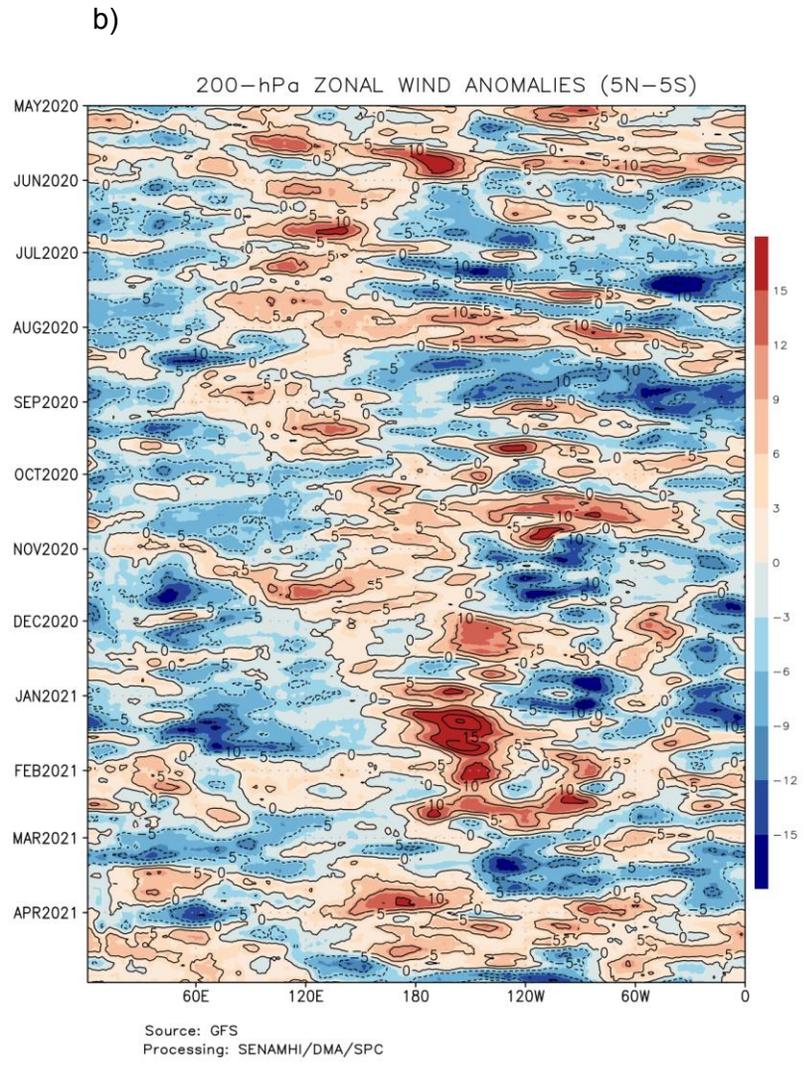
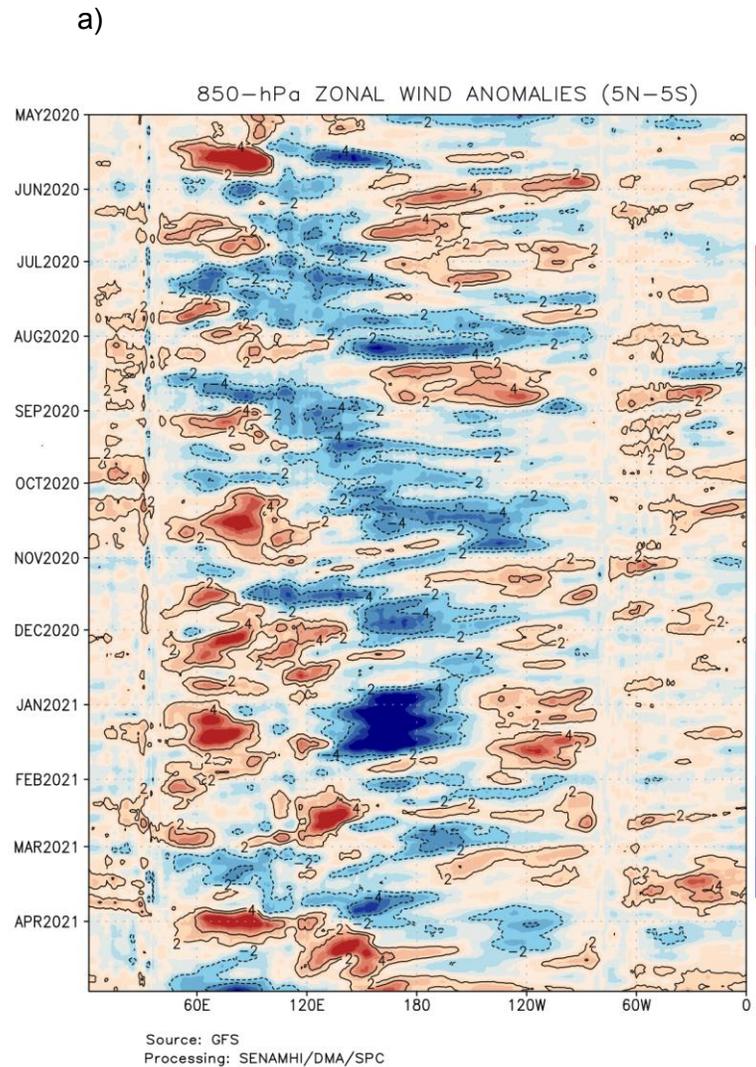


Figura 4: Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (b) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo 2020 a abril 2021, Procesamiento: SENAMHI,

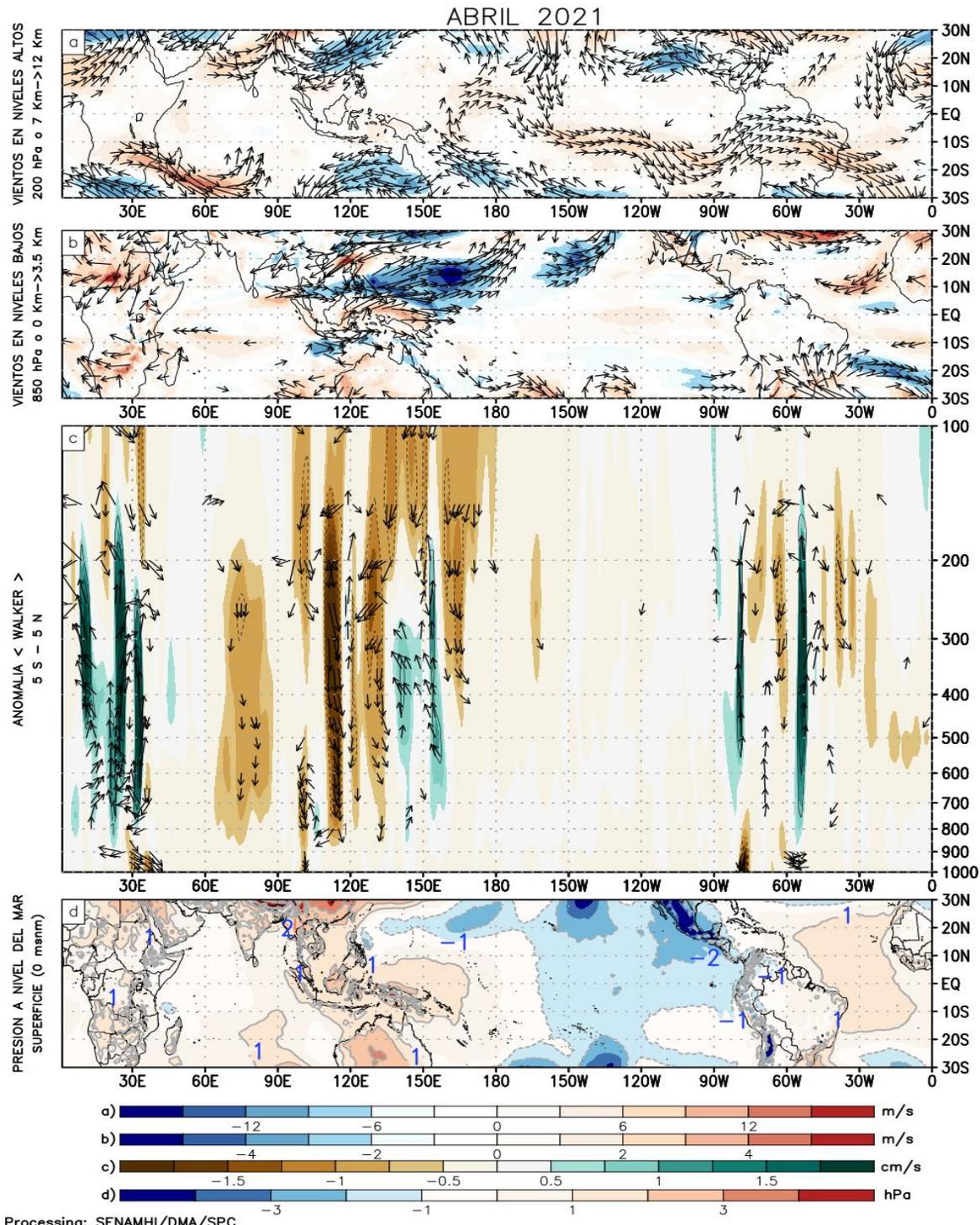


Figura 5: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de abril de 2021, (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de abril de 2021, (d) Anomalías de presión a nivel del mar; a), b) y d) expresado en valores de desviación estándar, Fuente: SPC/SENAMHI,

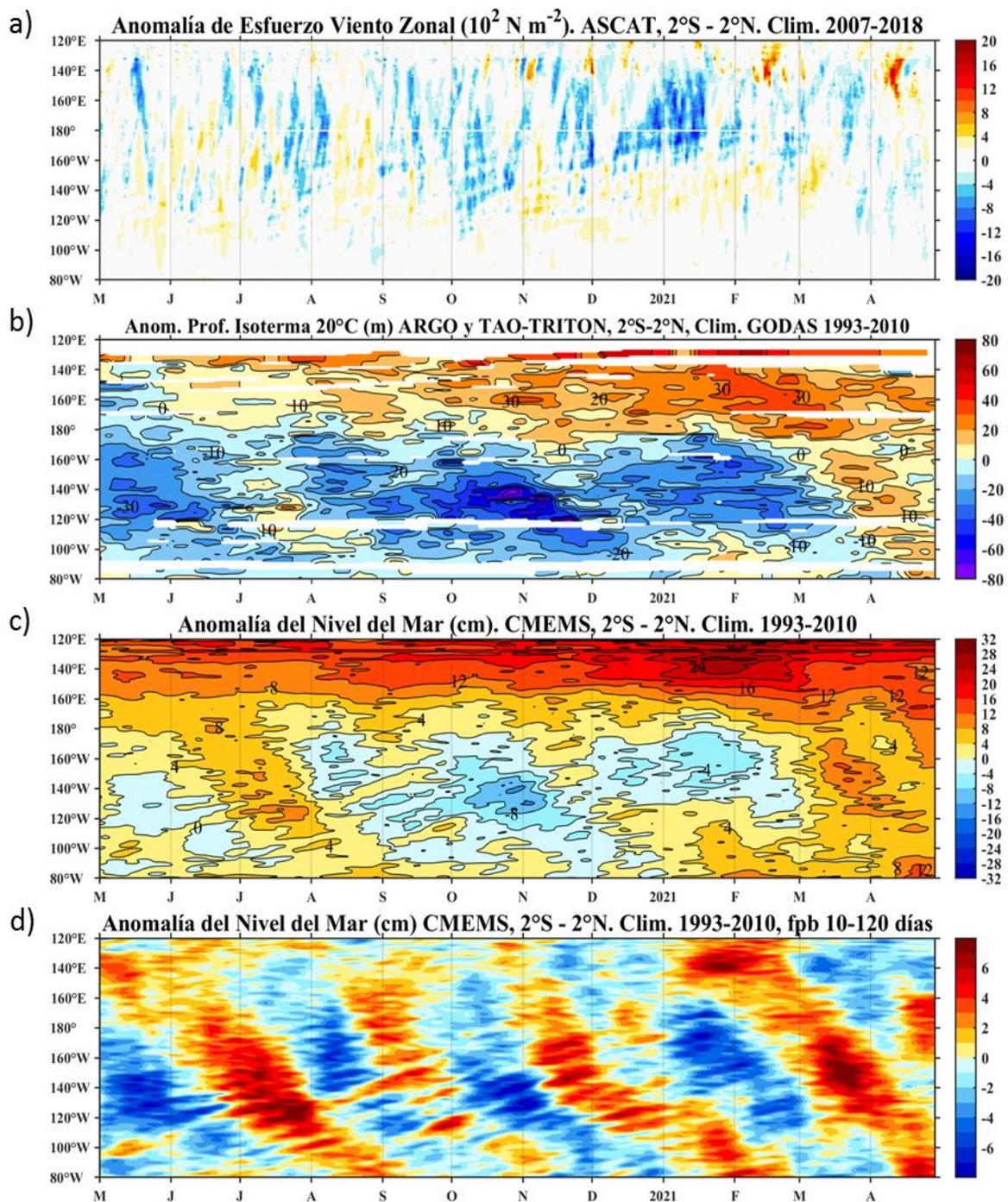


Figura 6: Diagrama Hovmöller de a) Anomalia del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalia del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalia del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa banda de 10 - 120 días, fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2010; ambos en el Pacifico ecuatorial ($140^\circ\text{W}-80^\circ\text{W}$ y $2^\circ\text{N}-2^\circ\text{S}$). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

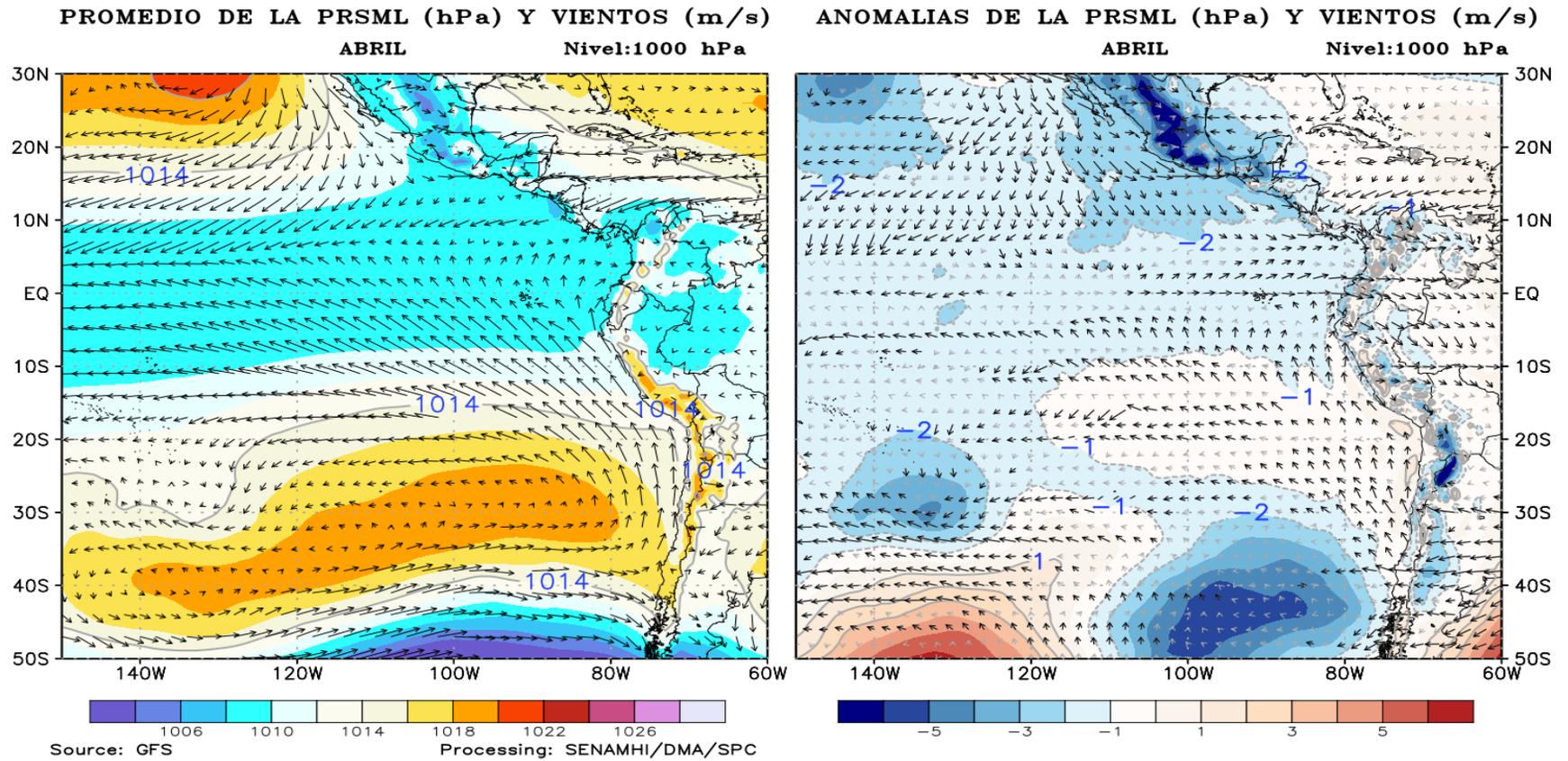
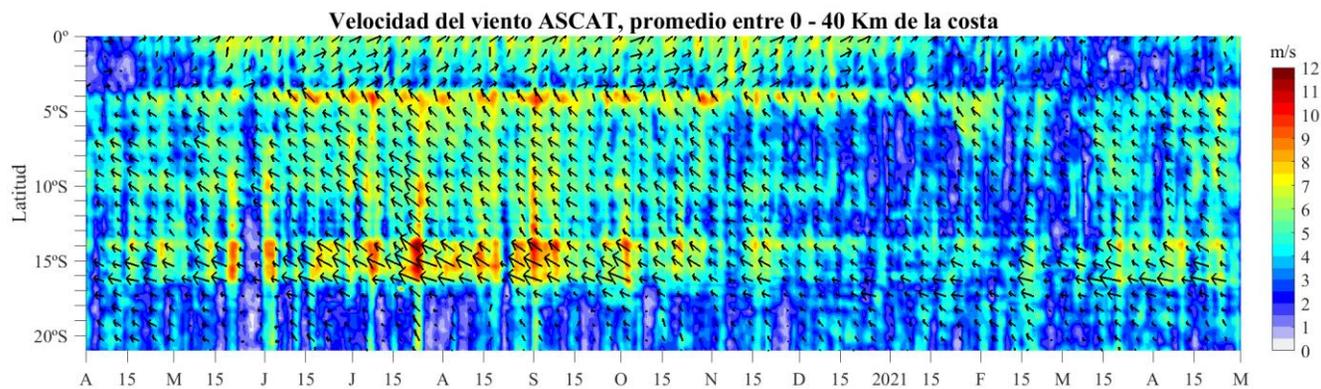


Figura 7: Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para abril 2021, Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

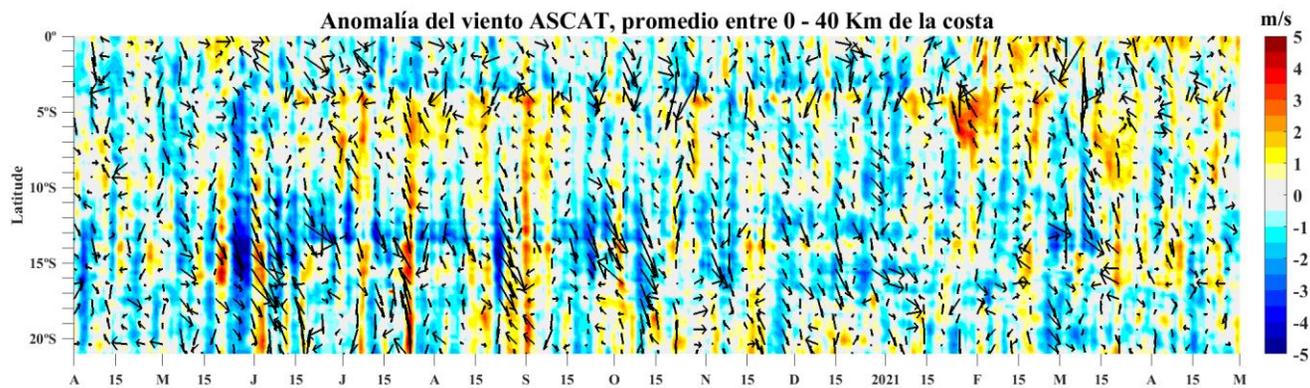
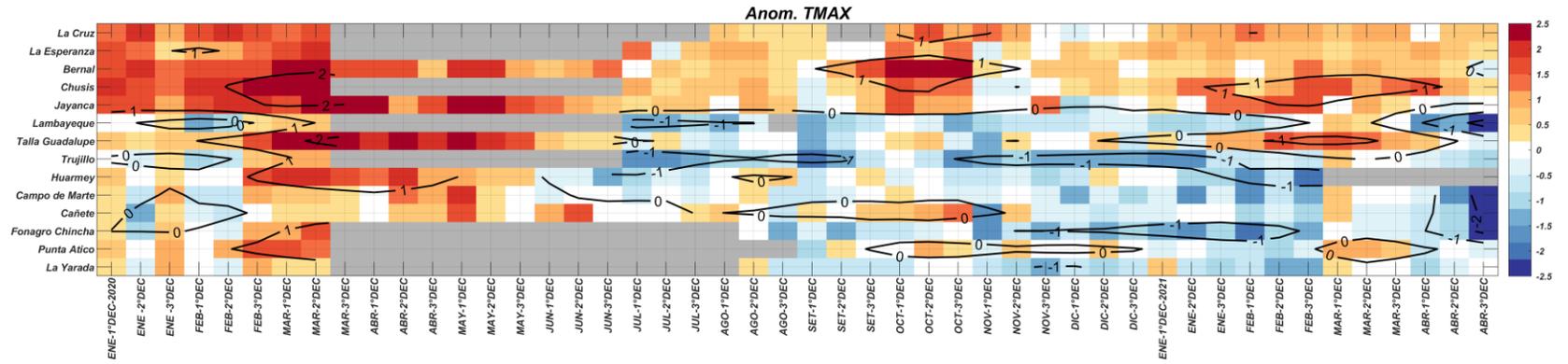


Figura 8: a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses, Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente, Actualizado al 30 de abril de 2021. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

a)



b)

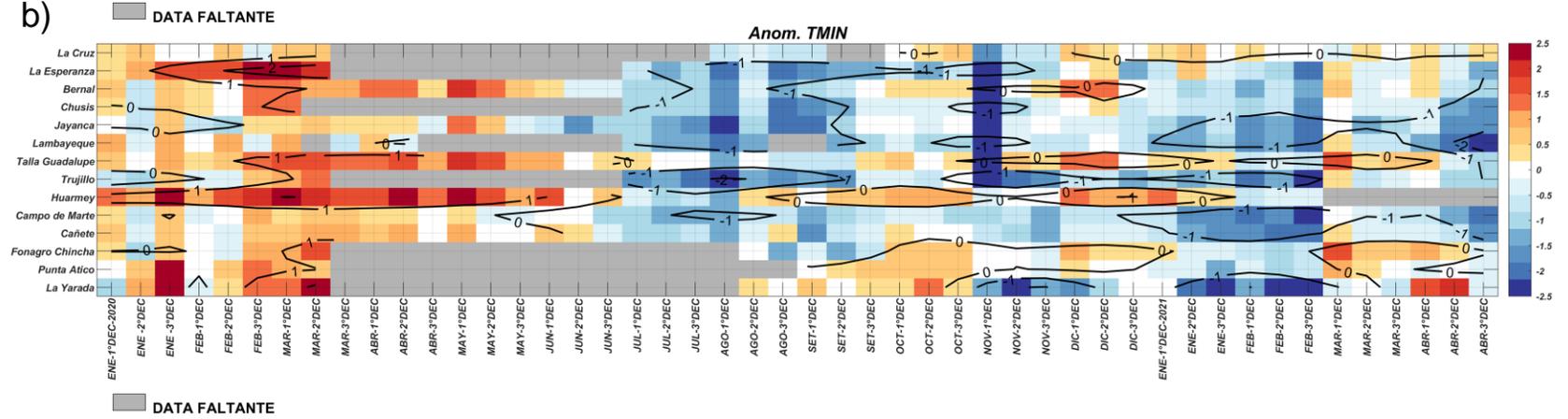


Figura 9: Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI desde enero 2020 hasta 30 de abril del 2021
Fuente: SENAMHI.

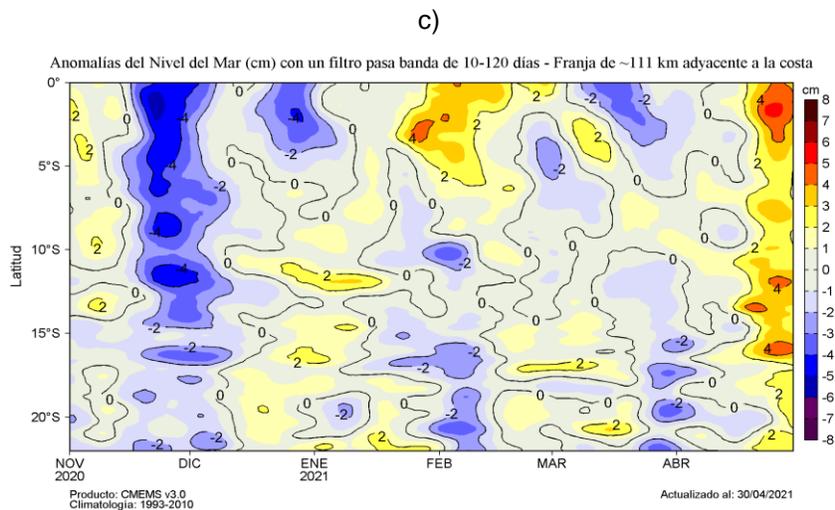
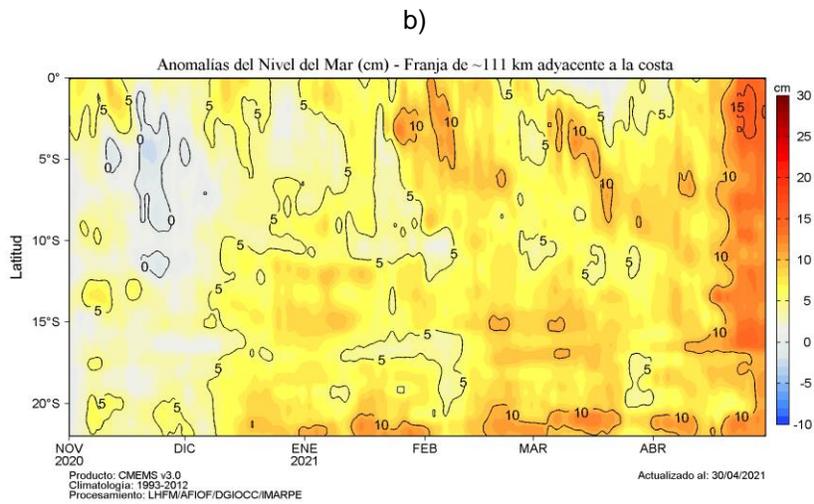
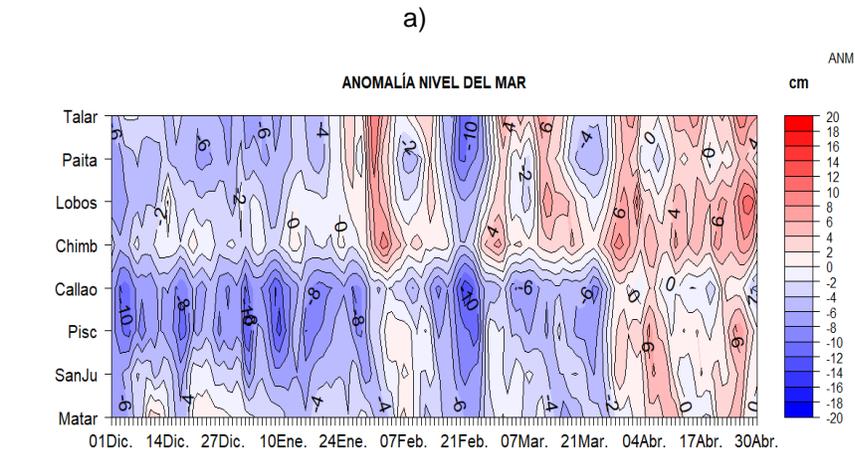


Figura 10: Anomalías del NMM, actualizados al 30 de abril del 2021: a) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro (b) y con un filtro pasa banda de 10 a 120 días (c), para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano, Fuente: CMEMS v.3.0; Climatología: 1993-2012, Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

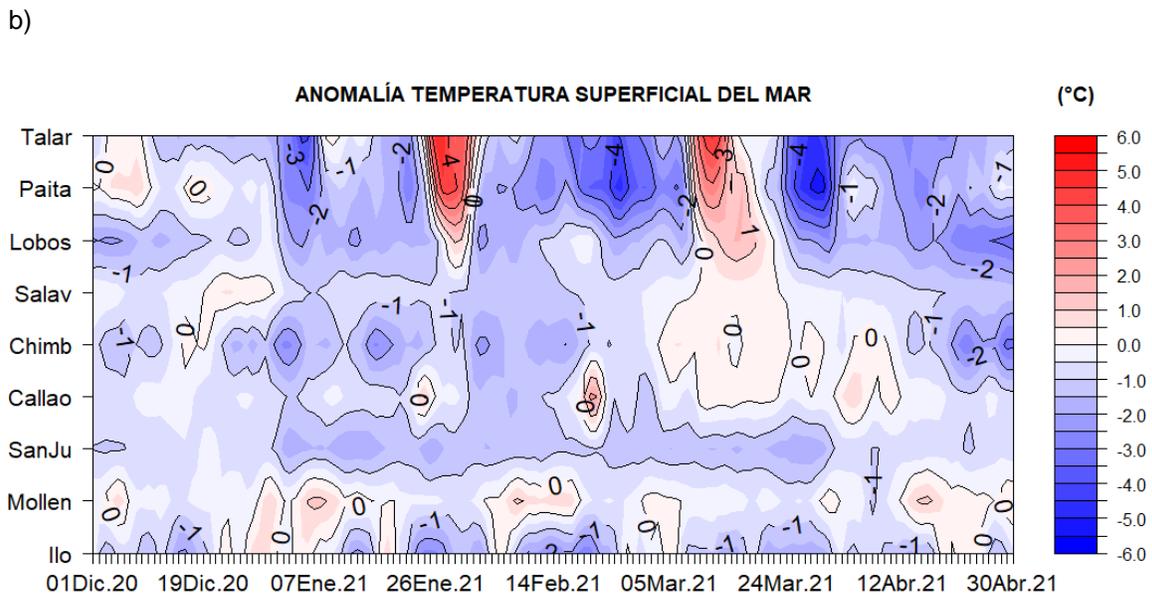
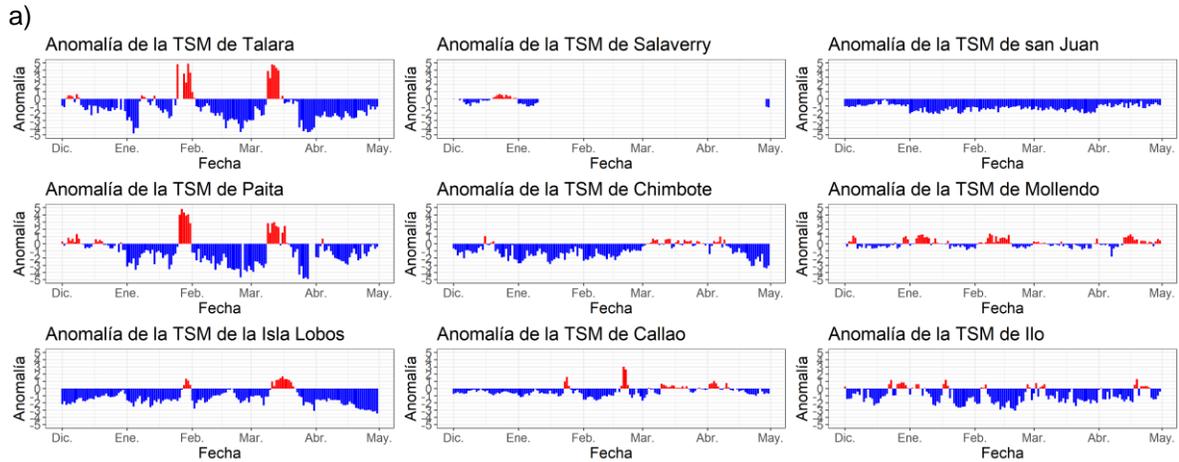


Figura 11: Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie y b) hövmoller, Actualizado al 30 de abril del 2021, Climatología: 1981-2010, Fuente: DIHIDRONAV.

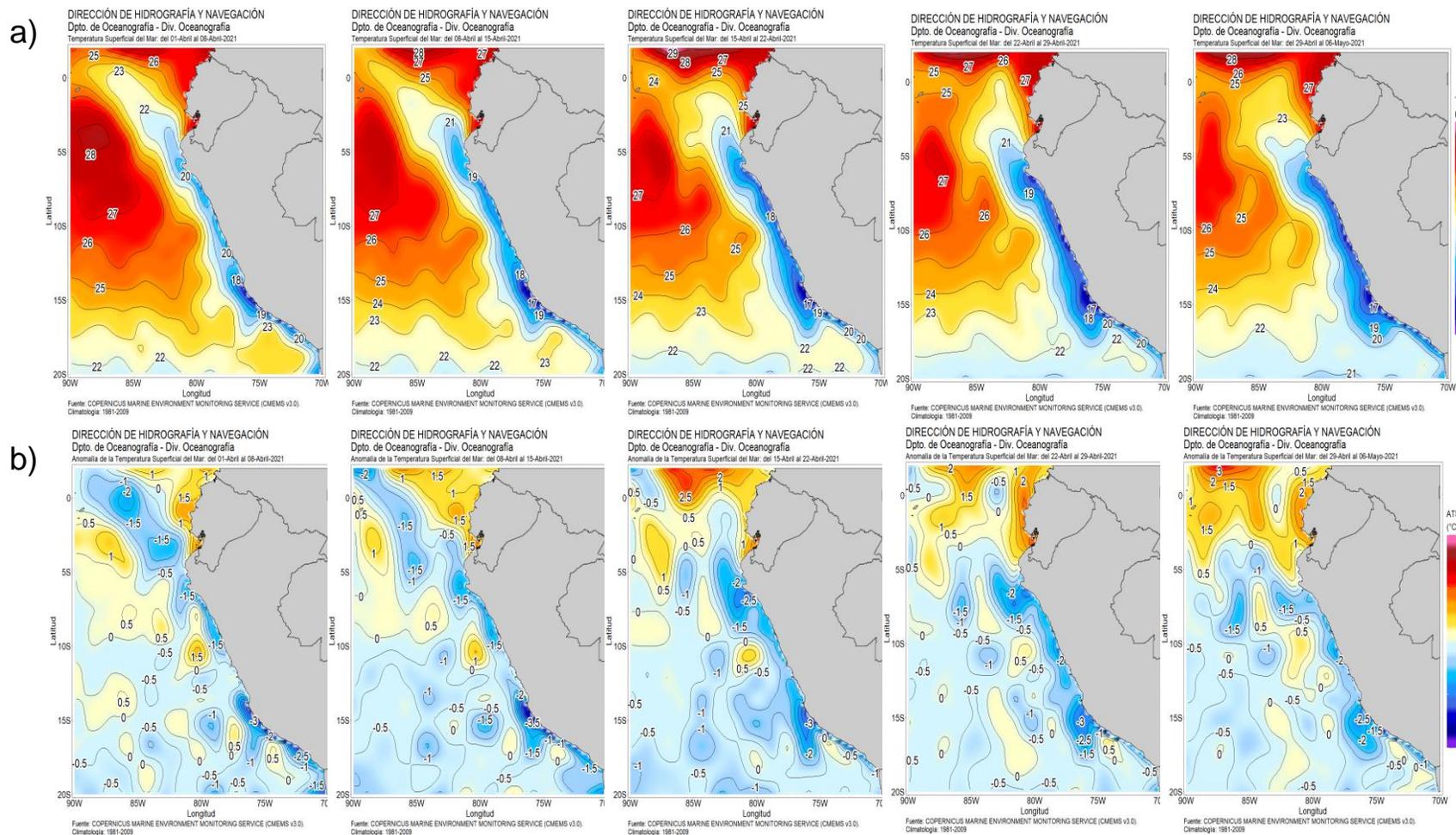


Figura 12: Mapa de distribución espacial de las Temperaturas Superficiales del Mar (TSM, °C) (a), y de las Anomalías de la Temperatura superficial del mar (ATSM, °C) (b) para cada semana de abril de 2021 de forma creciente de izquierda a derecha, en el océano Pacífico tropical oriental, Fuente: CMEMS v3,0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

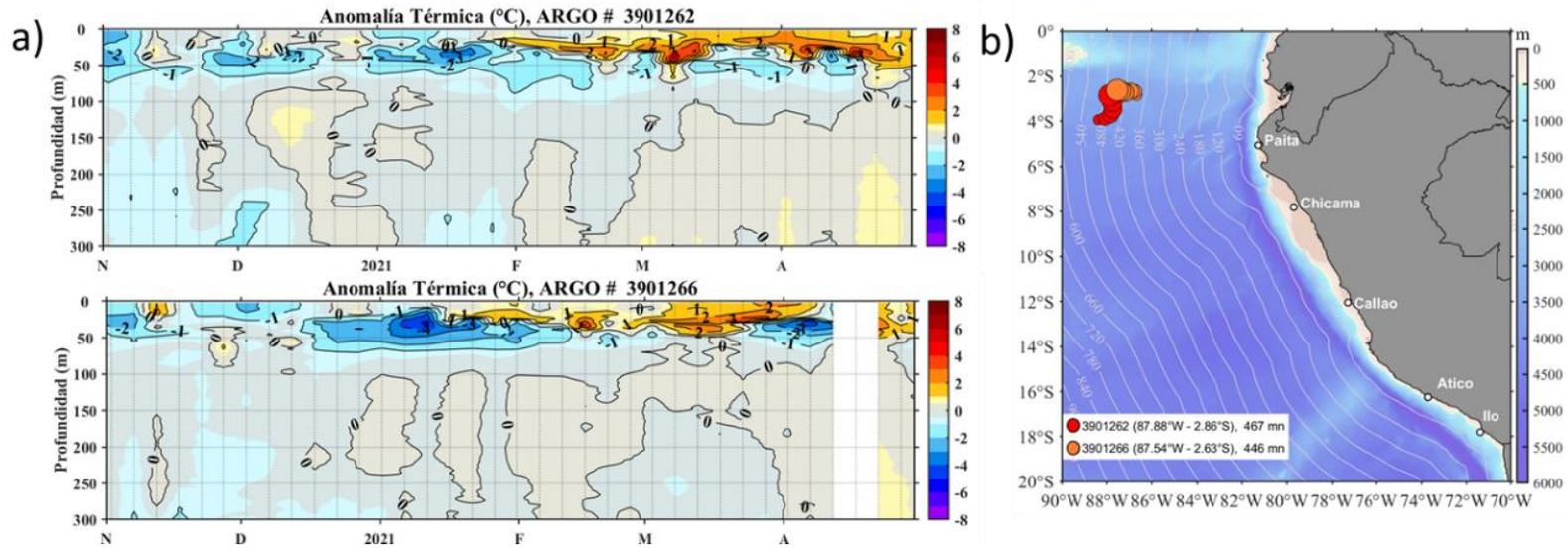


Figura 13: Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO en la zona oceánica y d) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

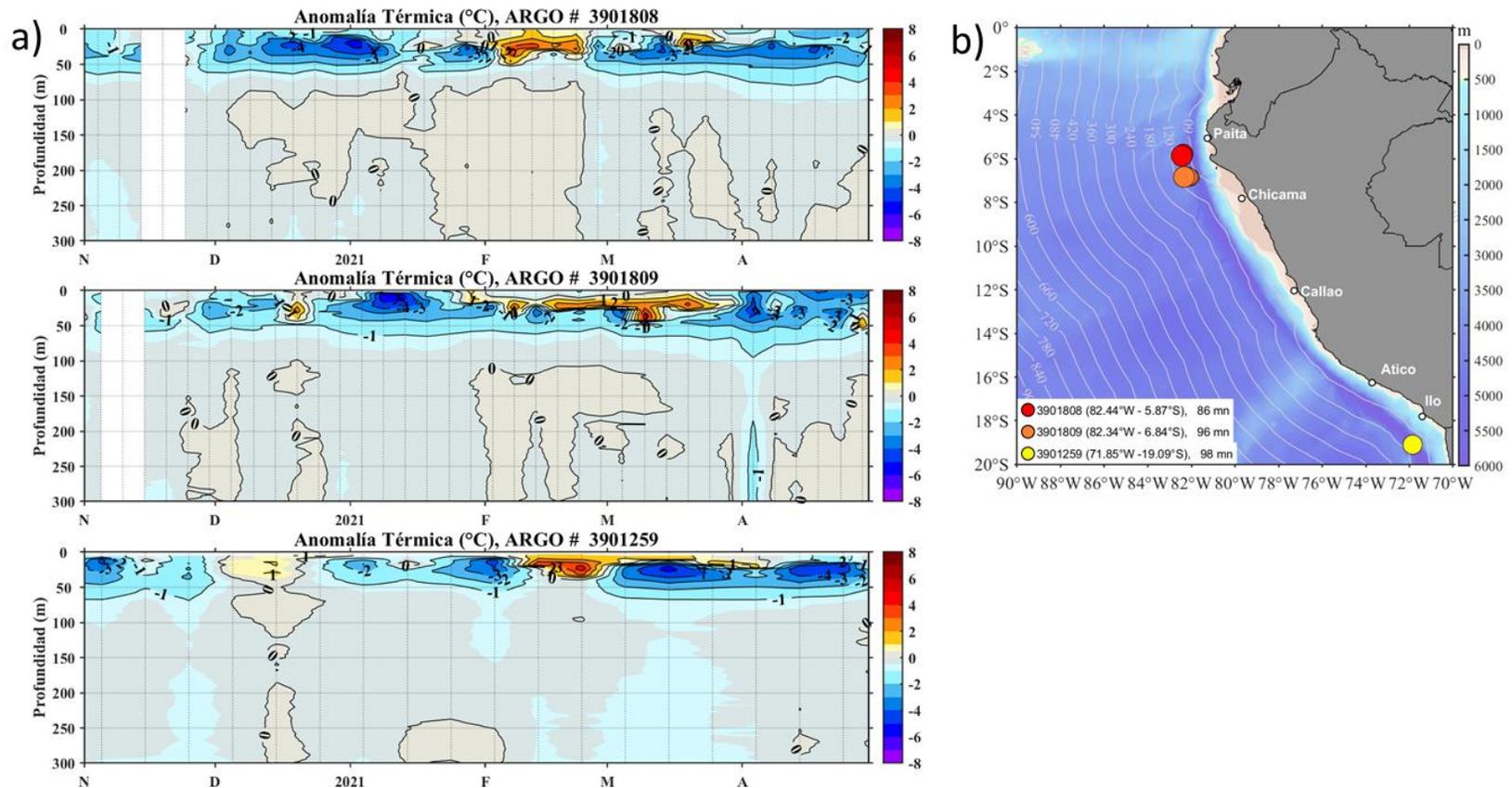


Figura 14: Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO cerca a la costa (a); y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril donde brindaron información los flotadores ARGO (b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

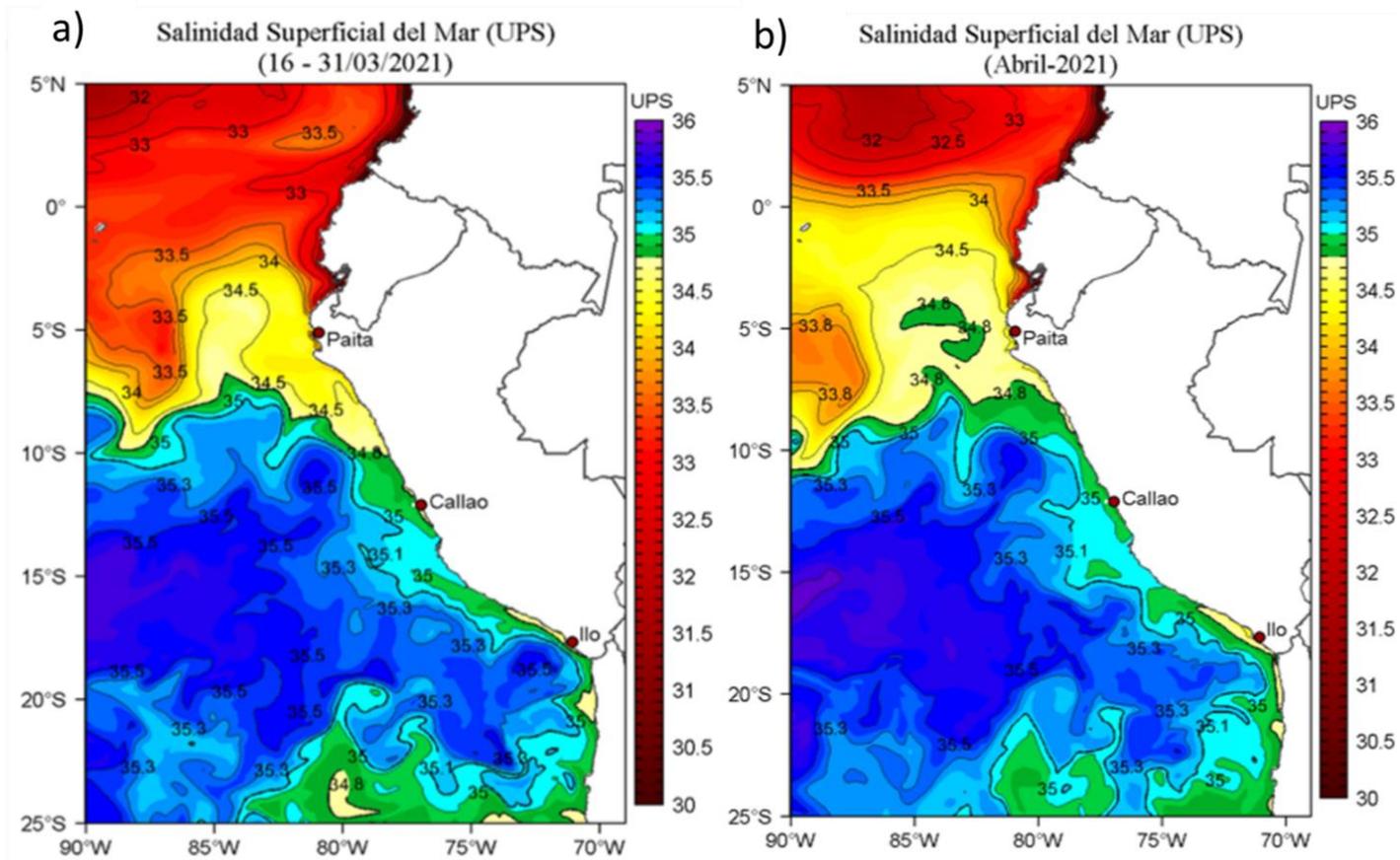


Figura 15: Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar (UPS) para a) marzo y b) abril de 2021 en el océano Pacífico tropical oriental. La salinidad del mar fue obtenida del "GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024", el cual es un producto de modelo que asimila información satelital e in situ, por el sistema operacional de Mercator Ocean (<https://marine.copernicus.eu/access-data>).

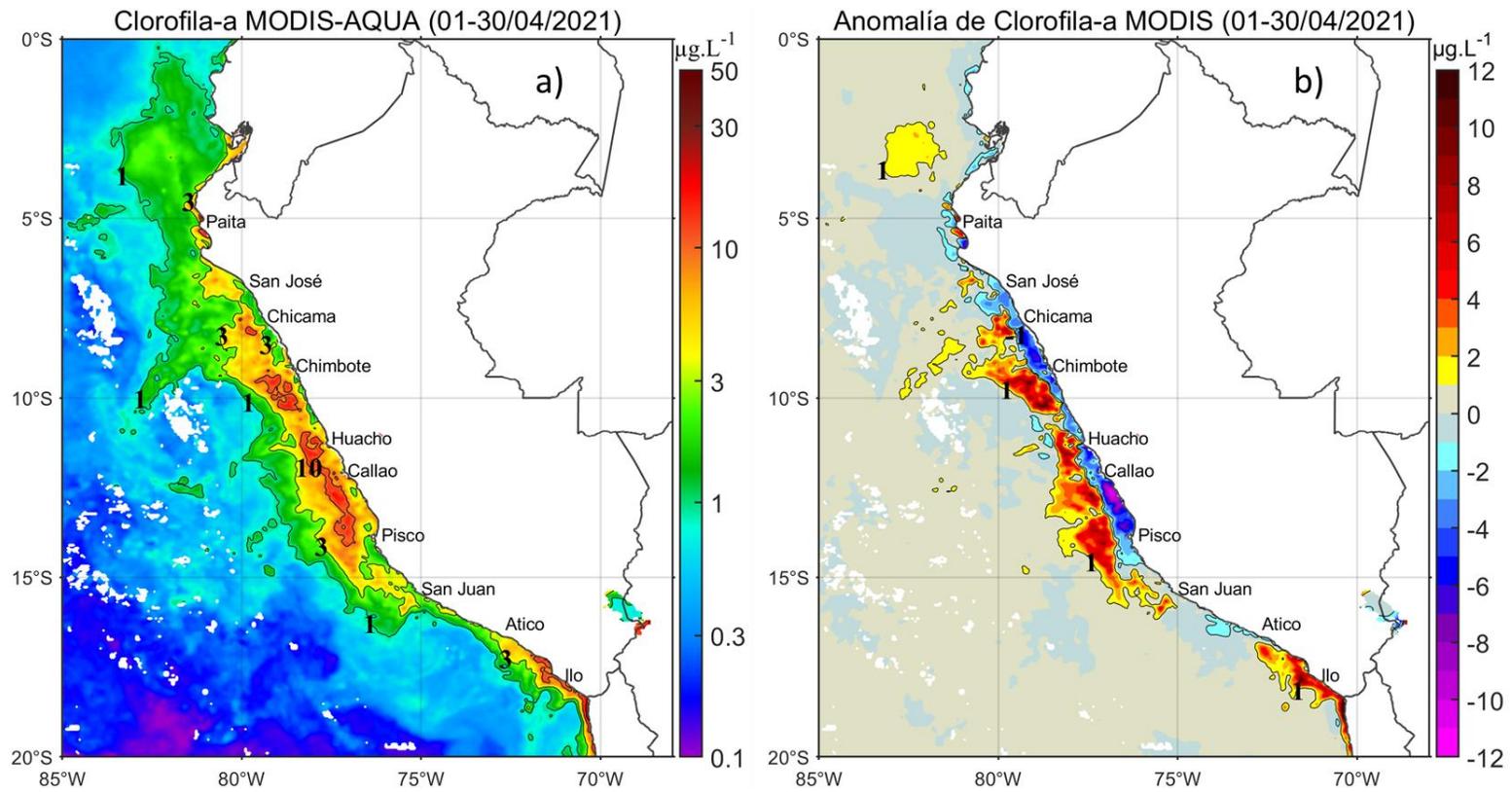


Figura 16: Mapa de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b) durante abril de 2021, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$). Fuente: IMARPE.

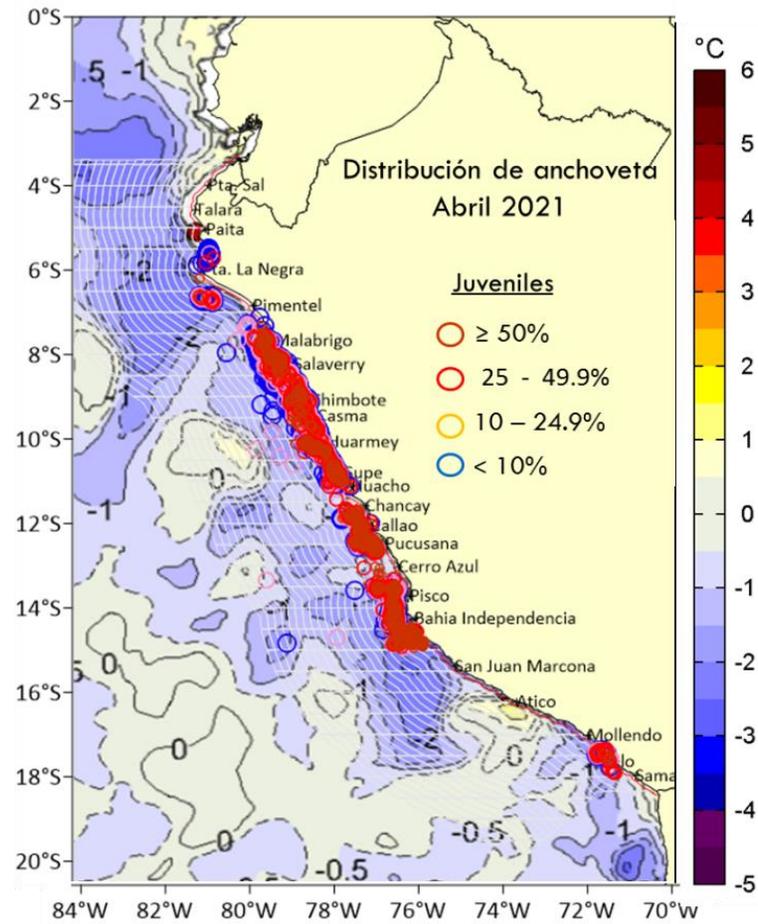


Figura 17: Distribución de la anchoveta en las regiones norte-centro y sur y su relación con la anomalía promedio de la temperatura del mar (ATSM) durante abril 2021.

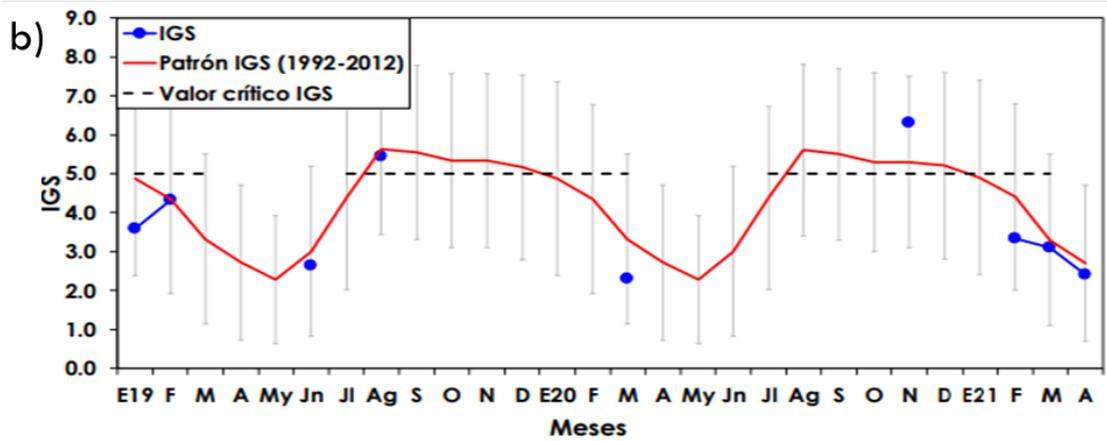
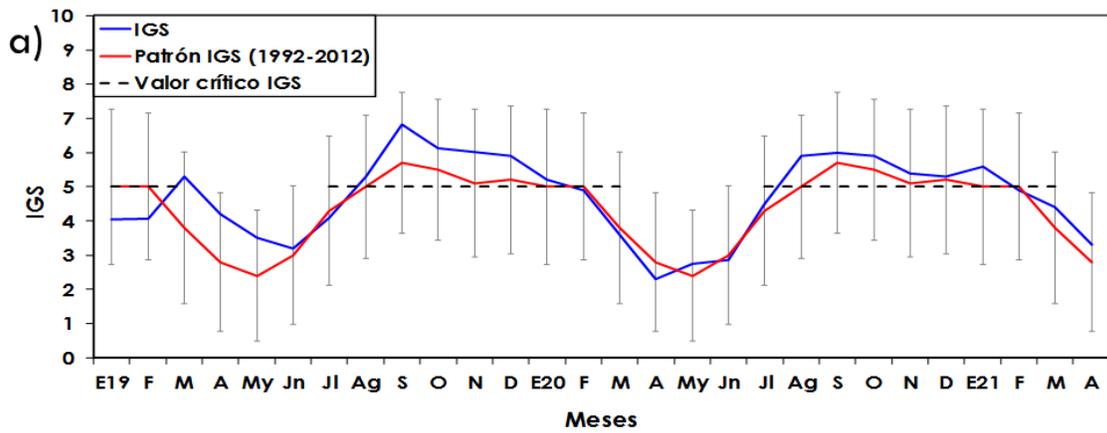


Figura 18: Índice gonadosomático (IGS) de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* del stock norte centro (a) y stock sur (b) de enero del 2019 a abril del 2021 con sus patrones respectivos, Fuente: IMARPE

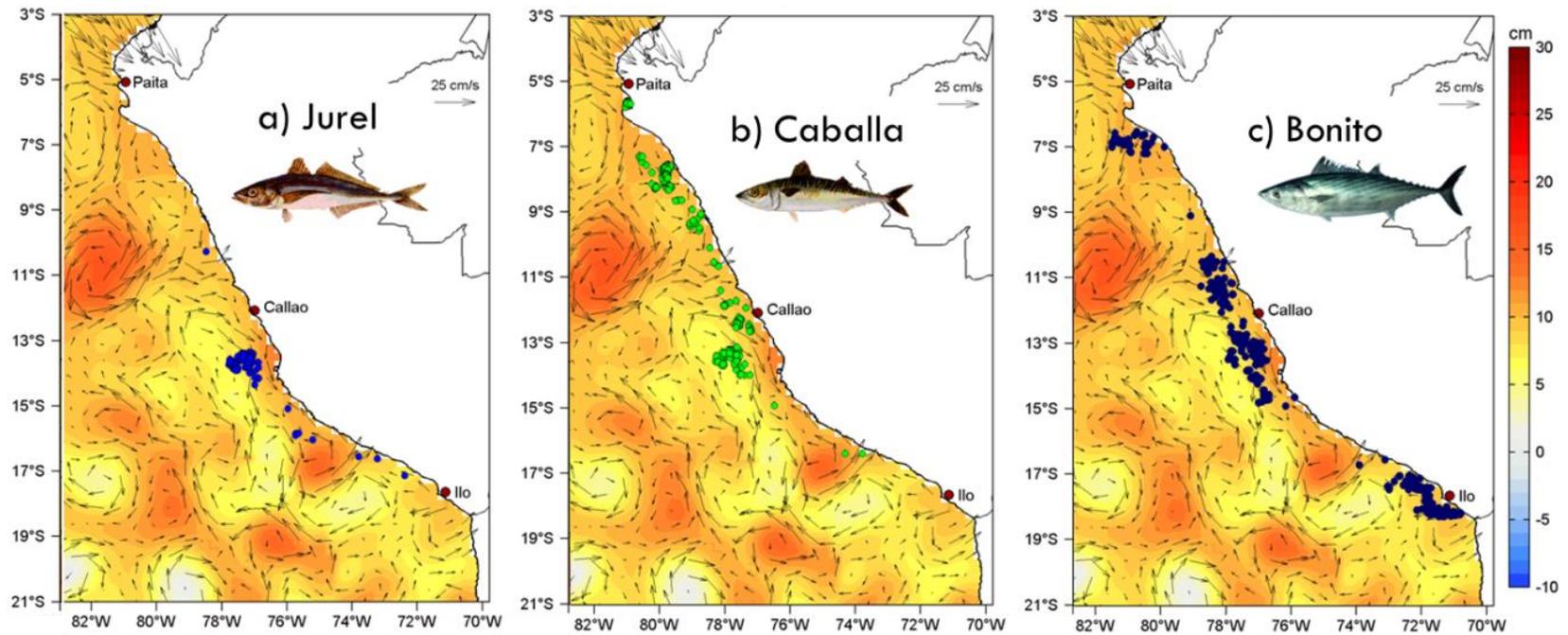


Figura 19: Distribución de a) jurel, b) caballa y c) bonito asociados a la anomalía del nivel del mar (ANM) y vórtices generados con un filtro de banda de 10-120 días para la franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano durante abril 2021.

b) Distribución de la merluza (~ 150 m de profundidad)

Embarcaciones de arrastre:
 EAC: Costeras
 EAME: Mediana Escala
 EME: Menor Escala

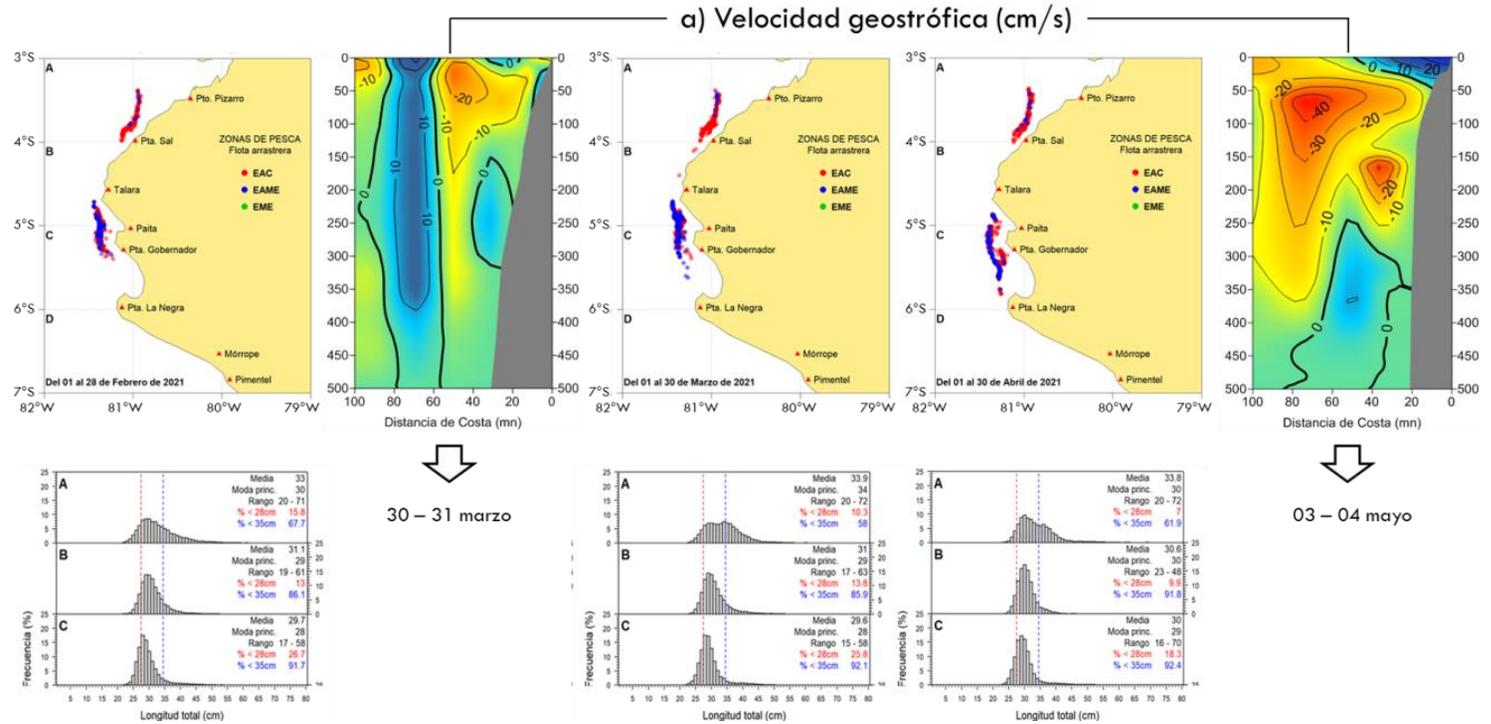


Figura 20: a) Velocidad geostrofica (cm s⁻¹) registrada en la sección Paíta entre el 30 y 31 de marzo 2021 y entre el 03 y 04 de mayo 2021, b) distribución y c) estructura de tallas mensual de merluza según grado latitudinal durante el periodo febrero - abril 2021.

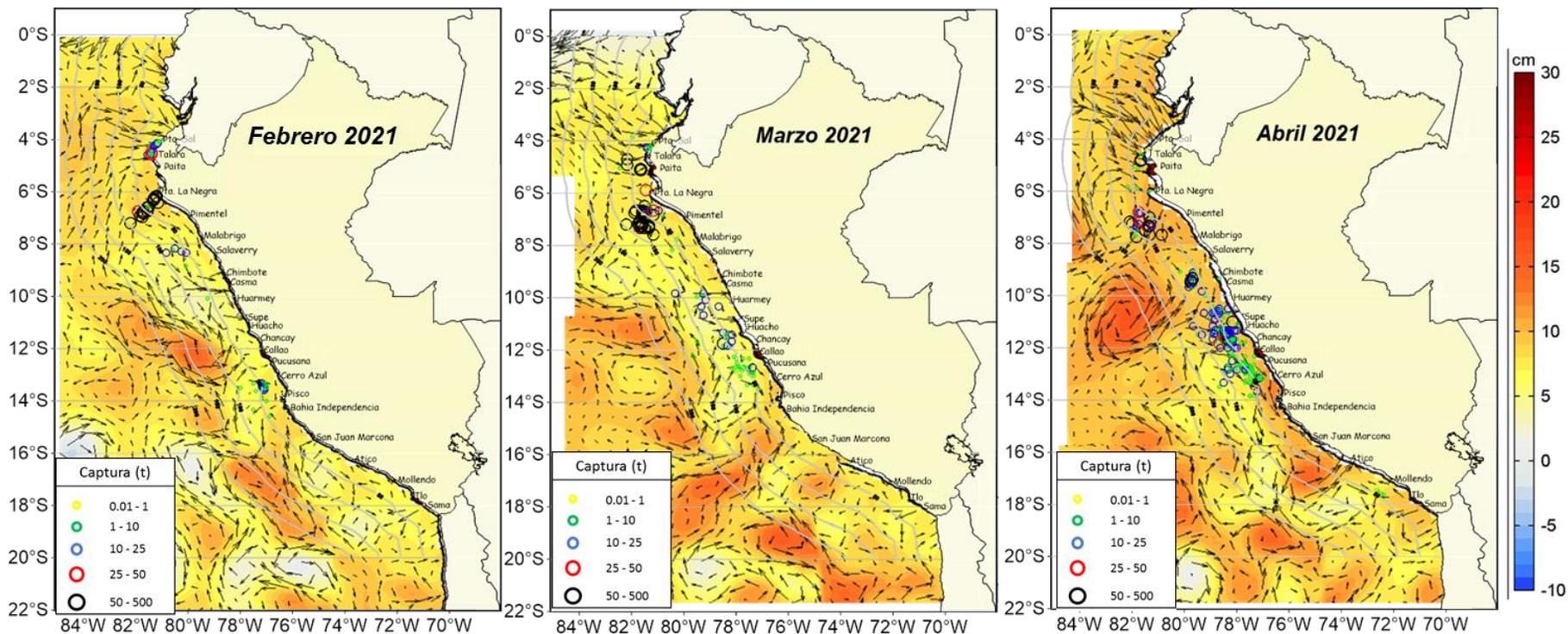


Figura 21: a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y vórtices generados con un filtro de banda de 10-120 días para la franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano y b) distribución mensualizada del calamar gigante o pota según volumen de captura durante el periodo febrero a abril 2021. Las líneas grises paralelas a la costa están separadas cada 100 Km.

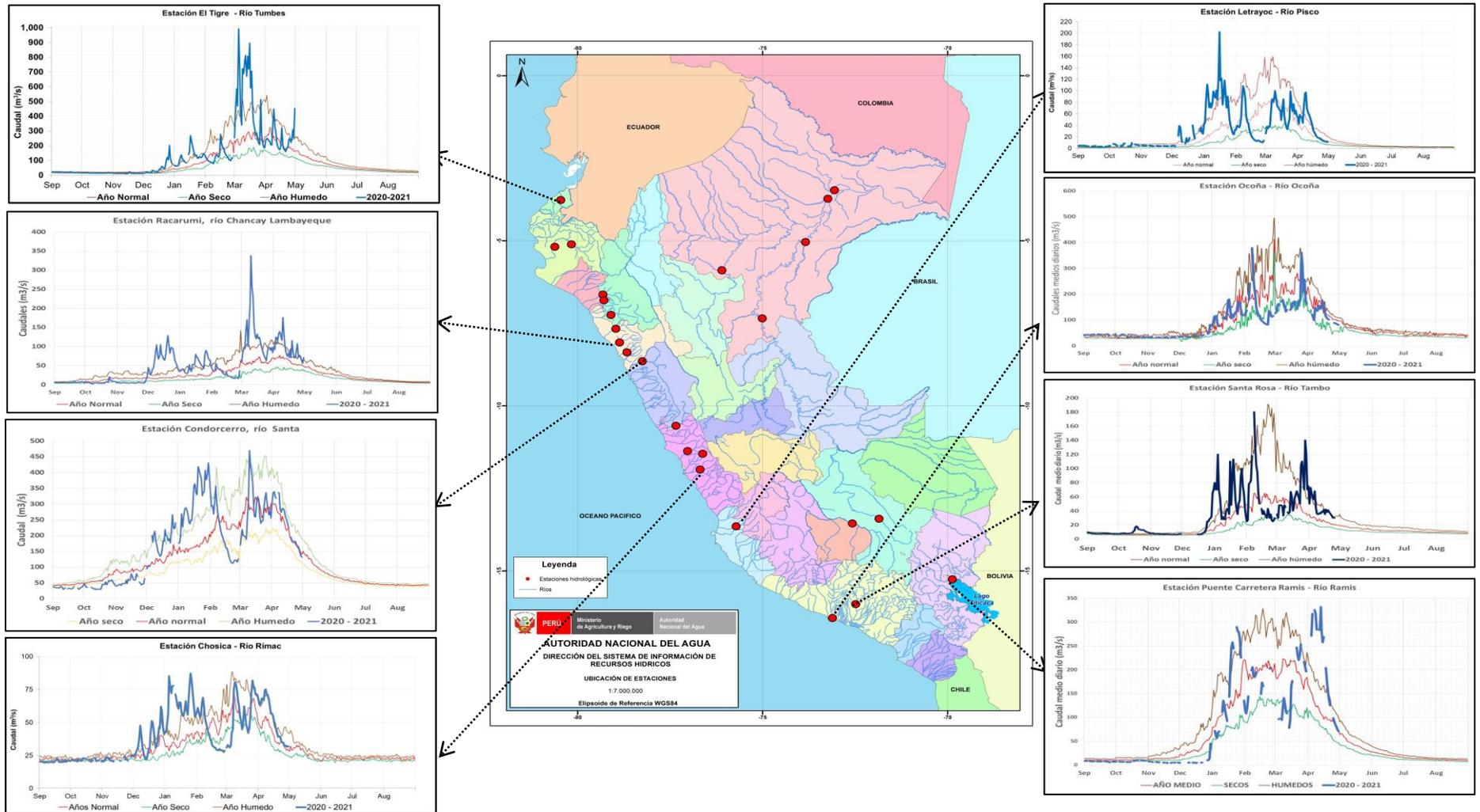


Figura 22: Caudales diarios ($m^3 s^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 30 de abril 2021. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y Juntas de Usuarios. Procesamiento: ANA.

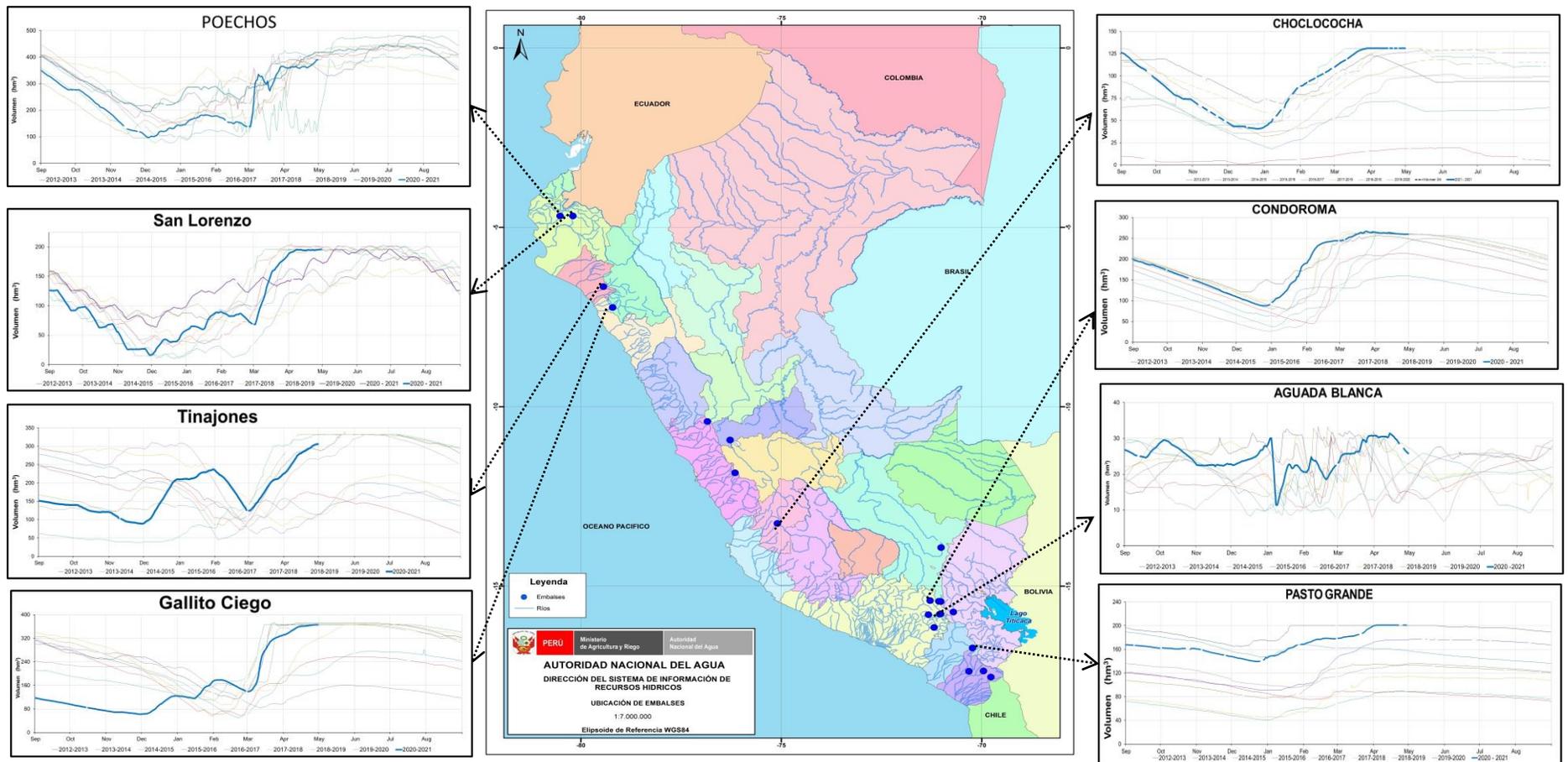


Figura 23: Volúmenes de almacenamiento (hm^3) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 30 de abril 2021. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: corresponden a años hidrológicos 2019 – 2020, 2018-2019, 2017-2018, 2016-2017, 2014-2015. Fuente: PE Chira-Piura, JU's San Lorenzo, Chancay Lambayeque, AUTODEMA, GORE PERPG, EGESUR. Procesamiento: ANA.

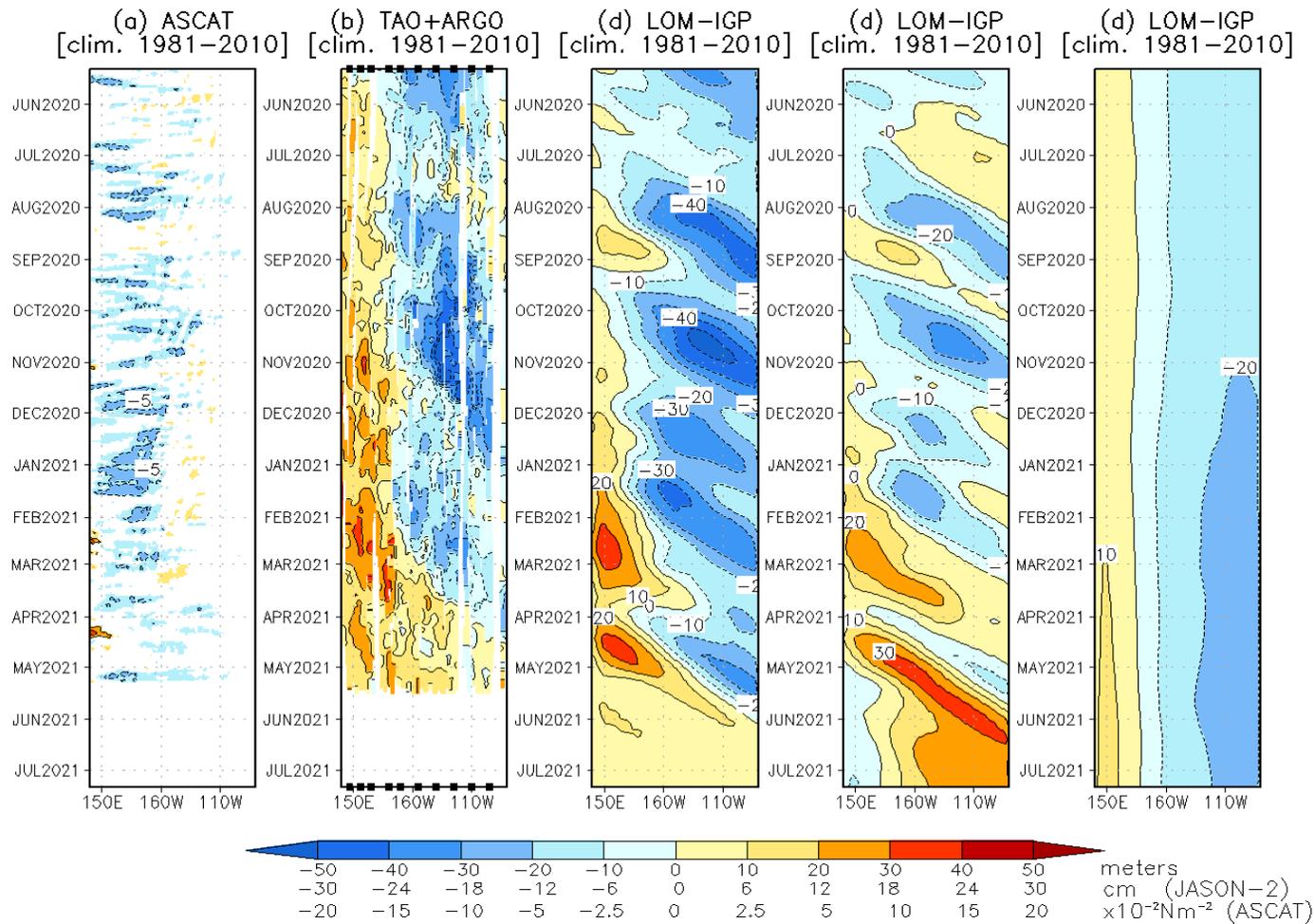


Figura 24: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda de Rossby (e), calculado con el Modelo oceánico lineal (LOM-IGP), forzando por ASCAT y $\tau=0$ para el pronóstico, La línea roja discontinua representa el inicio del pronóstico Procesamiento: IGP

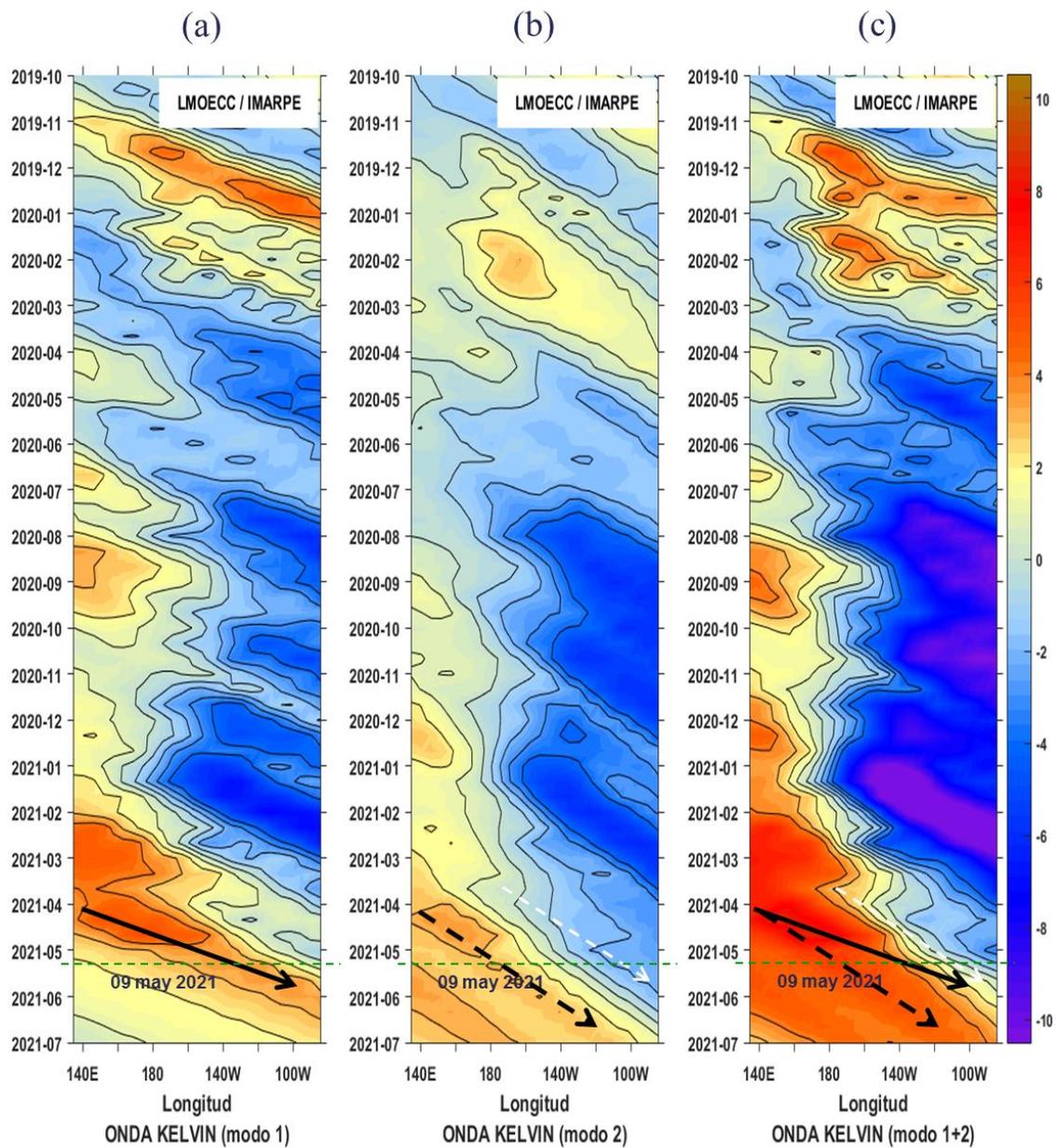


Figura 25: Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2, El modelo fue forzado con información de NCEP, La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico: 09 de mayo 2021, Fuente: IMARPE,

Anomalía del nivel del mar [cm] - \sum Modos -- [BLENDED]

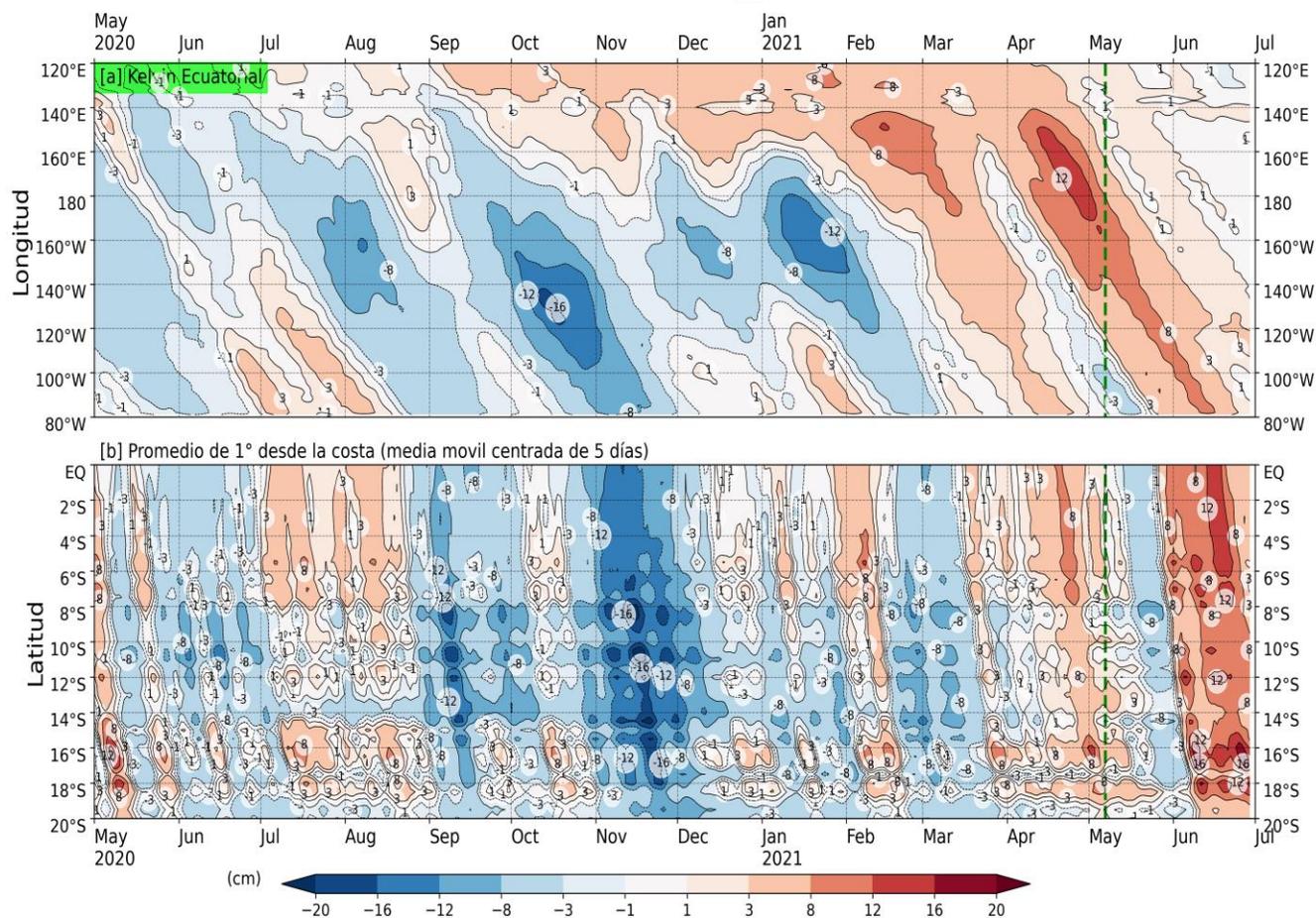


Figura 26: Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada BLENDED (Bentamy et al., 2016), Fuente: IGP.

IX. ANEXO

9.1. VARIABLES UTILIZADAS

Tabla A.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	Cruceiros	Buques TACOBITION	Programa Bibliotecas de Pesca	Seguimiento de Pesca	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alcornoque	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	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, Periodo climatológico: 1981-2010, *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,	
Nivel medio del Mar	X																		X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,	
Salinidad			X	X	X															X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,
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, Periodo climatológico: 1981-2010,
Clorofila																			X		IMARPE	* Promedio mensual y pentadal corresponden a MODIS y SeaWIFS+MODIS corregido, respectivamente, *Cobertura nubosa de MODIS,
VARIABLES BIOLÓGICO-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