

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N°05

MAYO 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 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° 05, mayo de 2021, 58 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en <http://enfen.gob.pe/> así como en las páginas web de las instituciones que conforman la Comisión Multisectorial. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: st_enfen@imarpe.gob.pe.



<https://enfes.gob.pe>

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

Mayo 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 (Presidente 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 denominada “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 MAYO 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.....	11
3.6. Impactos agrometeorológicos	12
IV. PRONÓSTICO	13
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
VI. REFERENCIAS.....	15
VII. TABLAS.....	18
VIII. FIGURAS	24
IX. ANEXO.....	52
9.1. VARIABLES UTILIZADAS.....	52

RESUMEN EJECUTIVO

En mayo de 2021 continuaron las anomalías negativas de la 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 $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Asimismo, en este mes, y de acuerdo a la información observada, tres ondas Kelvin arribaron a la costa del Perú. La primera, cálida, arribó entre fines de abril e inicios de mayo; la segunda, fría, llegó durante mayo y, la tercera, cálida, a fines de mayo. En este sentido, el nivel del mar mostró una declinación con anomalías de hasta -5 cm , las que estarían asociadas al paso de la onda Kelvin fría, y, posteriormente, un incremento con anomalías de hasta $+15\text{ cm}$, asociadas al paso de una onda Kelvin cálida. Estas variaciones también se observaron dentro de la franja de las 60 millas náuticas adyacentes a la costa.

La TSM en el mar peruano, dentro de las 60 millas náuticas, presentó anomalías promedio de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta la tercera semana de mayo. En la última semana de este mismo mes se presentaron anomalías positivas de $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a Paita y en la zona centro. No obstante, por fuera de las 60 millas náuticas se observaron núcleos con anomalías de TSM de hasta $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre Isla Lobos de Tierra y Atico.

Respecto a las masas de agua, las denominadas aguas subtropicales superficiales (ASS) se aproximaron hacia la costa, alcanzando las 20 millas náuticas frente al litoral norte y centro, mientras que las aguas ecuatoriales superficiales (AES) se replegaron al norte de Piura. Adicionalmente, las aguas costeras frías del afloramiento exhibieron una mayor proyección entre Lambayeque y La Libertad, así como al sur de Pisco.

La concentración de la clorofila-a superficial disminuyó en mayo con respecto a abril, principalmente al norte de Huacho, donde presentó valores promedio de $1\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$. Además, predominaron anomalías negativas desde Paita a Pisco y anomalías positivas de San Juan a Ilo. En el aspecto biológico-pesquero, en la región Norte-Centro la anchoveta se distribuyó desde Sechura hasta San Fernando, dentro de las 60 millas náuticas; mientras que en la región Sur el recurso se distribuyó entre

Mollendo e Ilo, y dentro de las 20 millas náuticas. En general, las especies transzonales como jurel, caballa y bonito se localizaron principalmente dentro de las 70 millas náuticas entre Callao e Ilo. El calamar gigante o pota se distribuyó de forma similar a los recursos transzonales, con un núcleo principal entre Huarmey y Pisco, y entre 15 y 80 millas náuticas. Finalmente, los ejemplares adultos de la merluza mantuvieron la distribución mostrada en abril.

En el aspecto hidrológico, los caudales de los principales ríos del país se presentaron dentro de lo normal, a excepción de los ríos de la costa norte, los cuales registraron caudales sobre lo normal en los primeros 20 días de mayo. Además, los volúmenes de agua de los principales embalses continuaron cerca de sus capacidades de almacenamiento, con ligeros descensos no significativos

En el aspecto agrometeorológico, las condiciones térmicas, en torno a su normal, favorecieron la maduración de brotes vegetativos del mango en los valles de Piura y Lambayeque; mientras que, en los valles arroceros de la región norte, las temperaturas entre normales a ligeramente frías retrasaron la floración y llenado del grano de siembras tardías. Por otro lado, en la costa sur, las temperaturas de normales a ligeramente cálidas propiciaron 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 septiembre de 2021. Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2) se espera que continúe el paso de la onda Kelvin cálida y, a partir de la última semana de junio, se prevé el arribo una onda Kelvin fría cuyo paso se extendería hasta julio. A partir de agosto se prevé la llegada de una onda Kelvin cálida. En conjunto, estas ondas generarían oscilaciones de la temperatura y del nivel del mar dentro de su rango normal, en promedio, por lo menos hasta septiembre.

El pronóstico probabilístico indica entre 71 % y 84 % de condiciones neutras para el Pacífico ecuatorial central y entre 83 % y 88 % para la región Niño 1+2, entre junio y septiembre.

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 subsuperficial de parámetros oceanográficos, con mayor atención en la zona costera de Perú. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, al igual que la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Asimismo, se reportan los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

En tal sentido, el Informe Técnico ENFEN se elabora a partir del análisis colegiado del grupo técnico científico de la Comisión Multisectorial, 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 MAYO DE 2021

3.1. Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el Pacífico ecuatorial, la temperatura superficial del mar (TSM) continuó presentando anomalías negativas, las cuales se mantienen hasta la fecha. En promedio, la anomalía de mayo fue de $-0,3$ °C y $-0,7$ °C para la región central (Niño 3.4) (Figura 1) y extremo oriental (Niño 1+2) (Figura 2, Tabla 1).

El ICEN de abril de 2021 y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de mayo continúan mostrando valores dentro del rango de las condiciones neutras. Por su parte, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de abril y el ONI temporal (ONI-tmp) de mayo indican condiciones frías débiles y neutras, respectivamente (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 el Pacífico ecuatorial, durante mayo, en promedio, la convección presentó una leve intensificación alrededor de los 150°E , mientras que sobre la región oriental de la franja ecuatorial mostró anomalías de flujos del oeste entre 100°W y 80°W . En la alta tropósfera (200 hPa), a lo largo del Pacífico ecuatorial, predominaron anomalías de vientos del oeste. Por otro lado, en la baja tropósfera (1000-850 hPa), se evidenciaron anomalías de vientos del este, principalmente sobre el Pacífico occidental y central; mientras que sobre el Pacífico oriental se presentaron condiciones dentro de su variabilidad estacional, pero con algunos periodos cortos de anomalías del oeste (Figura 4 y Figura 5).

Durante mayo, en base a la información observada, tres ondas Kelvin habrían arribado a la costa del Perú: una onda Kelvin cálida, entre fines de abril e inicios de mayo; una fría, durante mayo, y otra cálida entre fines de mayo. Por otro lado, se observa la propagación hacia el este de dos ondas Kelvin, una fría y otra cálida, en el Pacífico central y en el Pacífico occidental, respectivamente (Figura 6).

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

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en el promedio de mayo, presentó un núcleo más intenso (1020 hPa) respecto al mes anterior (1018 hPa) y estuvo desplazado al noreste de su posición normal, muy próximo hacia la costa sudamericana, condición que favoreció la intensificación episódica de los vientos del sur frente a la costa peruana (Figura 7 y Figura 8).

Las temperaturas máximas en la costa peruana presentaron, en promedio, anomalías negativas, con valores de hasta $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Lambayeque; mientras que las temperaturas mínimas presentaron valores alrededor de su normal (Figura 9).

3.3. Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano

En el mar peruano, durante mayo, las anomalías negativas de la TSM se debilitaron respecto al mes anterior; solo en el norte las anomalías cambiaron a positivas, en promedio hasta $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para mayo. Dentro de las 60 millas náuticas, la anomalía promedio de la TSM varió de valores negativos ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$), hasta la tercera semana del mes, a valores en el rango neutral a ligeramente positivo ($+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a Paita y en la zona centro) en la última semana. Sin embargo, por fuera de las 60 millas náuticas se continuaron observando núcleos con anomalías de TSM de hasta $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre Isla Lobos de Tierra y Atico (Figura 10, Figura 11 y Tabla 3).

En el litoral, las condiciones frías declinaron, manifestándose condiciones cerca de lo normal, con anomalías del orden de $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; sin embargo, desde fines de mayo las anomalías diarias aumentaron hasta $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el norte y $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el centro y sur.

Por otra parte, el nivel del mar evidenció dos momentos resaltantes, uno de declinación con anomalías de hasta -5 cm y otro de incremento con anomalías de

hasta +15 cm, asociados al paso de las ondas Kelvin fría y cálida, respectivamente. La onda cálida se presentó desde la cuarta semana de mayo. Esta alternancia también se evidenció dentro de la franja de las 60 millas náuticas adyacentes a la costa (Figura 12).

En la capa subsuperficial, frente al Golfo de Guayaquil y por fuera de las 400 millas náuticas se presentaron anomalías de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 80 m en la primera quincena, pero desde la tercera semana de mayo se observó el desarrollo de anomalías de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 100 m (Figura 13). Dentro de las 100 millas náuticas adyacentes a la costa peruana, en la zona norte, se detectaron anomalías de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 70 m y flujos subsuperficiales con dirección al sur a inicios de mayo, y anomalías de hasta $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a fines de mayo sobre los 80 m (Figura 14 y Figura 15), además de una mayor profundización que lo habitual de la termoclina y oxiclina (Figura 16). El calentamiento anómalo subsuperficial a fines de mayo se asocia a la propagación de la onda Kelvin cálida.

Respecto a las masas de agua, de acuerdo con el modelo MERCATOR, se presentó un acercamiento anómalo hacia la costa de las aguas subtropicales superficiales (ASS), de alta salinidad y bajos contenidos de nutrientes, alcanzando las 20 millas náuticas frente al litoral norte y centro. En tanto que las aguas ecuatoriales superficiales (AES), de baja salinidad, fueron replegadas al norte de Piura. Por otro lado, las aguas costeras frías del afloramiento exhibieron una mayor proyección entre Lambayeque y La Libertad, así como al sur de Pisco (Figura 17).

La concentración de la clorofila-a superficial, indicador de la productividad del fitoplancton, disminuyó en mayo respecto a abril, principalmente al norte de Huacho, donde presentó valores promedio de $1\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$. Además, predominaron anomalías negativas desde Paita a Pisco y anomalías positivas de San Juan a Ilo (Figura 18). Las anomalías negativas se relacionaron al paso de la onda Kelvin cálida, el acercamiento de las ASS y al aumento anómalo de la nubosidad.

3.4. Impactos biológico-pesqueros

La anchoveta de la Región Norte-Centro en mayo se distribuyó desde Sechura hasta San Juan de Marcona, dentro de las 60 millas náuticas; mientras que en la Región Sur se distribuyó entre Mollendo a Morro Sama y dentro de las 10 millas náuticas de la costa. En ambas zonas se mantuvo una importante mezcla entre ejemplares adultos y juveniles (Figura 19). Asimismo, la anchoveta presentó una baja actividad reproductiva en ambas regiones, acorde a su patrón histórico (Figura 20).

Las especies transzonales como jurel, caballa y bonito se localizaron principalmente dentro de las 70 millas náuticas entre Callao e Ilo; no obstante, la caballa presentó una mayor extensión hacia el norte, posiblemente asociada a los frentes y vórtices observados en superficie (Figura 21). El calamar gigante o pota presentó una distribución similar a la de los recursos transzonales, con un núcleo principal entre Huarmey y Pisco, de 15 a 80 millas náuticas (Figura 22). La merluza mantuvo la distribución de ejemplares adultos observada en abril, desplazada al sur respecto a marzo (Figura 23), probablemente asociada a la intensificación de flujos hacia el sur que caracteriza el paso de la onda Kelvin cálida.

3.5. Impactos hidrológicos

En los ríos de la costa norte del Perú, en los primeros 20 días de mayo, predominaron caudales sobre lo normal, para luego mantener una tendencia a valores normales. En los ríos de la costa central y sur, prevalecen valores dentro de lo normal (Figura 24). Por otro lado, los volúmenes de agua de los principales embalses continuaron cerca de sus capacidades de almacenamiento, con ligeros descensos no significativos (Figura 25 y Tabla 4).

3.6. Impactos agrometeorológicos

Durante mayo, en las zonas productoras de mango de Piura (Chulucanas y Morropón) y Lambayeque (Olmos, Motupe y Jayanca), las temperaturas nocturnas en torno a su promedio climático favorecieron la maduración de brotes vegetativos del mango; mientras que, en los valles arroceros de la región norte, la prevalencia de temperaturas diurnas y nocturnas con valores de normales a ligeramente frías vienen retrasando la floración y llenado del grano de siembras tardías (grano vano). En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), la predominancia de las condiciones térmicas diurnas y nocturnas de normales a ligeramente cálidas propició 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 determina que el evento La Niña 2020-2021 habría llegado a su fin en mayo 2021. Asimismo, se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas en esta región continúen dentro del rango normal, por lo menos hasta septiembre de 2021. Sin embargo, la mayoría de los modelos climáticos prevé un proceso de enfriamiento desde finales del invierno en esta región, proyectándose hasta finales del 2021, inclusive (Tabla 6).

Para la región Niño 1+2, durante junio, se espera que continúe el paso de la onda Kelvin cálida. A partir de la última semana del mes, se prevé el arribo una onda Kelvin fría cuyo paso se extendería hasta julio. Por otro lado, a partir de agosto se prevé la llegada de una onda Kelvin cálida (Figura 26 - Figura 28). En conjunto, estas ondas generarían oscilaciones de la temperatura y del nivel del mar dentro de su rango normal, en promedio, por lo menos hasta septiembre (Tabla 7). Asimismo, las temperaturas extremas del aire en la costa peruana continuarán en sus rangos normales, por lo menos hasta agosto (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 junio y septiembre de 2021. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras (ENFEN, 2012) durante este período, variando entre 83 % y 88 % (Tabla 8). Para el Pacífico central, se estima que la probabilidad de condiciones neutras varíe entre 77 % y 79 % entre mayo y agosto; se estima que la probabilidad de condiciones neutras varíe entre 71 % y 85 %; mientras que las probabilidades de condiciones frías débiles se incrementarán a partir de 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 septiembre de 2021. Asimismo, se espera que las temperaturas extremas del aire en la costa, en promedio, se mantendrían dentro de sus rangos normales, por lo menos hasta agosto de 2021.

En el Pacífico central, el evento La Niña 2020-2021 habría llegado a su fin en mayo del presente año. En esta región, se prevé que la TSM continúe dentro de lo normal, por lo menos hasta septiembre 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.Grodk, 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.
- 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 junio – agosto 2021. Informe técnico N°05-2021/ SENAMHI-DMA-SPC. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-9.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	
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
may-21	28,8	-0,1	27,6	-0,3	26,8	-0,4	23,8	-0,7

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

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
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
abr-21	-0,76	Neutro	-0,67	Fría Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
may-21	-0,58	Neutro	-0,49	Neutro
jun-21	-0,29	Neutro	-0,34	Neutro

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
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
may-21	-0,3	+0,2	+0,7	-0,9	-0,2	+0,5	-0,9	+0,4	+0,1	+0,3	-0,6

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

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm ³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa Norte	Poechos	PECHP	31-May	Piura	438.3	428.8	97.83
Costa Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	31-May	Piura	195.6	189.7	96.98
Costa Norte	Tinajones	PEOT	31-May	Lambayeque	285.9	285.9	100.00
Costa Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	31-May	La Libertad	366.6	357.5	97.52
Costa Centro	Viconga	STATKRAFT PERU S.A.	31-May	Lima	30	26	86.67
Costa Centro	Ccaracocha	PETACC	31-May	Ica	40	37.7	94.25
Costa Centro	Choclococha	PETACC	31-May	Ica	131.1	131.1	100.00
Costa Sur	Condorama	AUTODEMA	31-May	Arequipa	259	251.5	97.10
Costa Sur	Pañe	AUTODEMA	31-May	Arequipa	99.6	90.7	91.06
Costa Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	31-May	Arequipa	9.1	4.8	52.75
Costa Sur	Pillones	AUTODEMA	31-May	Arequipa	78.5	77.3	98.47
Costa Sur	El Frayle	AUTODEMA	31-May	Arequipa	127.2	132.6	104.25
Costa Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	31-May	Arequipa	30.4	21.7	71.38
Costa Sur	Chalhuanca	EGASA	31-May	Arequipa	25	26	104.00
Costa Sur	Bamputañe	EGASA	31-May	Arequipa	40	37.9	94.75
Costa Sur	Pasto Grande	PERPG	31-May	Moquegua	200	199	99.50
Costa Sur	Represa Paucarani	PET	31-May	Tacna	10.5	8.5	80.95
Costa Sur	Represa Jarumas	PET	31-May	Tacna	12.5	13.1	104.80
Costa Sur	Aricota	EGESUR	31-May	Tacna	280	213.1	76.11
Sierra Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S.A.	31-May	Junín	441	307.7	69.77
Sierra Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	31-May	Ayacucho	80	80	100.00
Sierra Sur	Lagunillas	PELTC	31-May	Puno	585.1	498.5	85.20
Sierra Sur	Sibinacocha	EGEMSA	31-May	Cusco	110	99.1	90.09
Situación Nacional					3875.4	3518.2	90.78

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

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLÓGICA	ESTADO
MANGO	Tumbes	Cañaverall	Criollo		Floración	Bueno
	Piura	Chulucanas	Edward		Maduración de brotes/floración	Bueno
	Piura	Bigote	Criollo		Maduración de brotes	Bueno
	Lambayeque	Olmos	Edward		Maduración de brotes	Bueno
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Maduración de brotes	Bueno
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Maduración de brotes	Bueno
	Ica	palpa	Criollo		Brote vegetativo	Bueno
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43	02/03/2021	Elong. Tallo	Bueno
	Piura	Partidor	Mallares	18/01/2021	M. Lechosa	Bueno
	Piura	Morropón				
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	10/02/2021	M. Pastosa	Bueno
	Lambayeque	Talla	El Valor	18/12/2020	M. Cornea	Bueno
	Lambayeque	Puchaca	El Valor	04/01/2021	M. Cornea	Bueno
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43	31/12/2020	M. Lechosa	Bueno
	Arequipa	Aplao				
	Arequipa	La Haciendita	IR-43	12/10/2020	Maduración córnea	Bueno
	Arequipa	Camaná				
	Arequipa	Hacienda Pampata				
	Arequipa	La Pascana	Tinajones	17/12/2020	Maduración córnea	Bueno
	Arequipa	Ocoña				
OLIVO	Moquegua	Ilo				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Maduración (aceituna negra)	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	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		-0,21	-0,15	-0,26	-0,4	-0,46	-0,49	-0,49
CanCM4i		-0,22	-0,14	-0,2	-0,4	-0,63	-0,83	-0,88
GEM_NEMO		-0,43	-0,45	-0,57	-0,69	-0,79	-0,85	-0,87
GFDL_SPEARE		-0,23	-0,13	-0,21	-0,38	-0,61	-0,85	-0,98
NASA		-0,79	-1,29	-1,83	-2,22	-2,47	-2,6	-2,55
NCAR_CCSM4		-0,17	-0,11	-0,22	-0,38	-0,48	-0,59	-0,64
NMME		-0,34	-0,38	-0,55	-0,75	-0,91	-1,04	-1,07
ONItmp	-0,49							

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	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		-0,13	0,23	0,36	0,33	0,13	-0,09	-0,23
CanCM4i		-0,21	0,04	0,08	0,05	-0,02	-0,08	-0,22
GEM_NEMO		-0,17	0,06	0,01	-0,24	-0,5	-0,69	-0,77
GFDL_SPEARE		-0,42	-0,39	-0,43	-0,49	-0,5	-0,55	-0,55
NASA		-0,55	-0,57	-0,65	-0,91	-1,14	-1,3	-1,29
NCAR_CCSM4		-0,28	0,01	0,18	0,24	0,14	-0,04	-0,2
NMME		-0,29	-0,1	-0,08	-0,17	-0,32	-0,46	-0,54
ICENtmp	-0,58							

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 junio y setiembre de 2021.

Pacífico oriental	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	3	10	7	8
Neutro	88	85	85	83
Cálida débil	9	5	8	9
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 junio y setiembre de 2021.

Pacífico central	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	1
Fría débil	14	11	15	25
Neutro	84	85	82	71
Cálida débil	2	4	3	3
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

VIII. FIGURAS

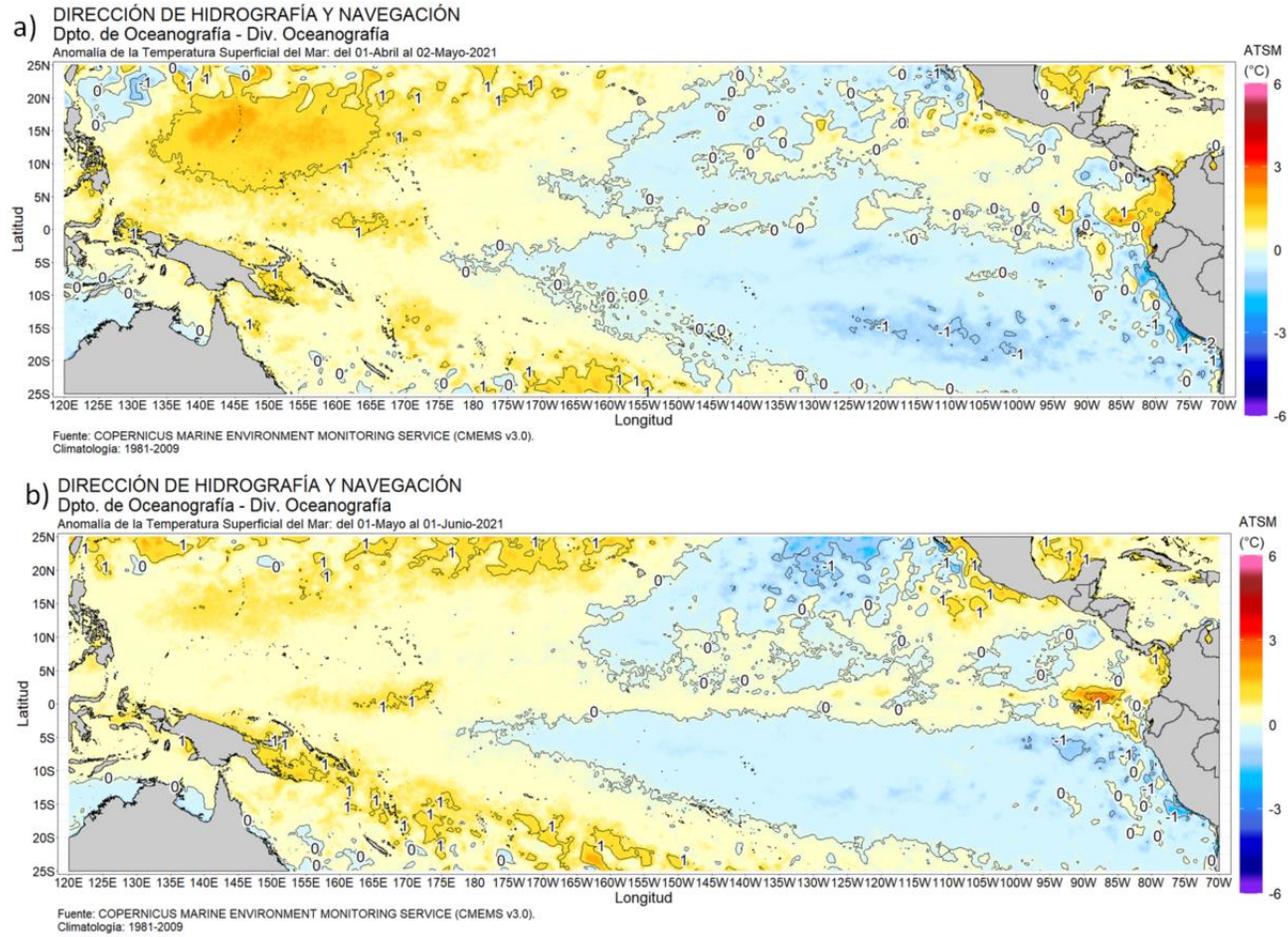


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante (a) abril y (b) mayo de 2021, La región Niño 3,4 está delimitada con el recuadro rojo, Fuente: CMEMS v,3,0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

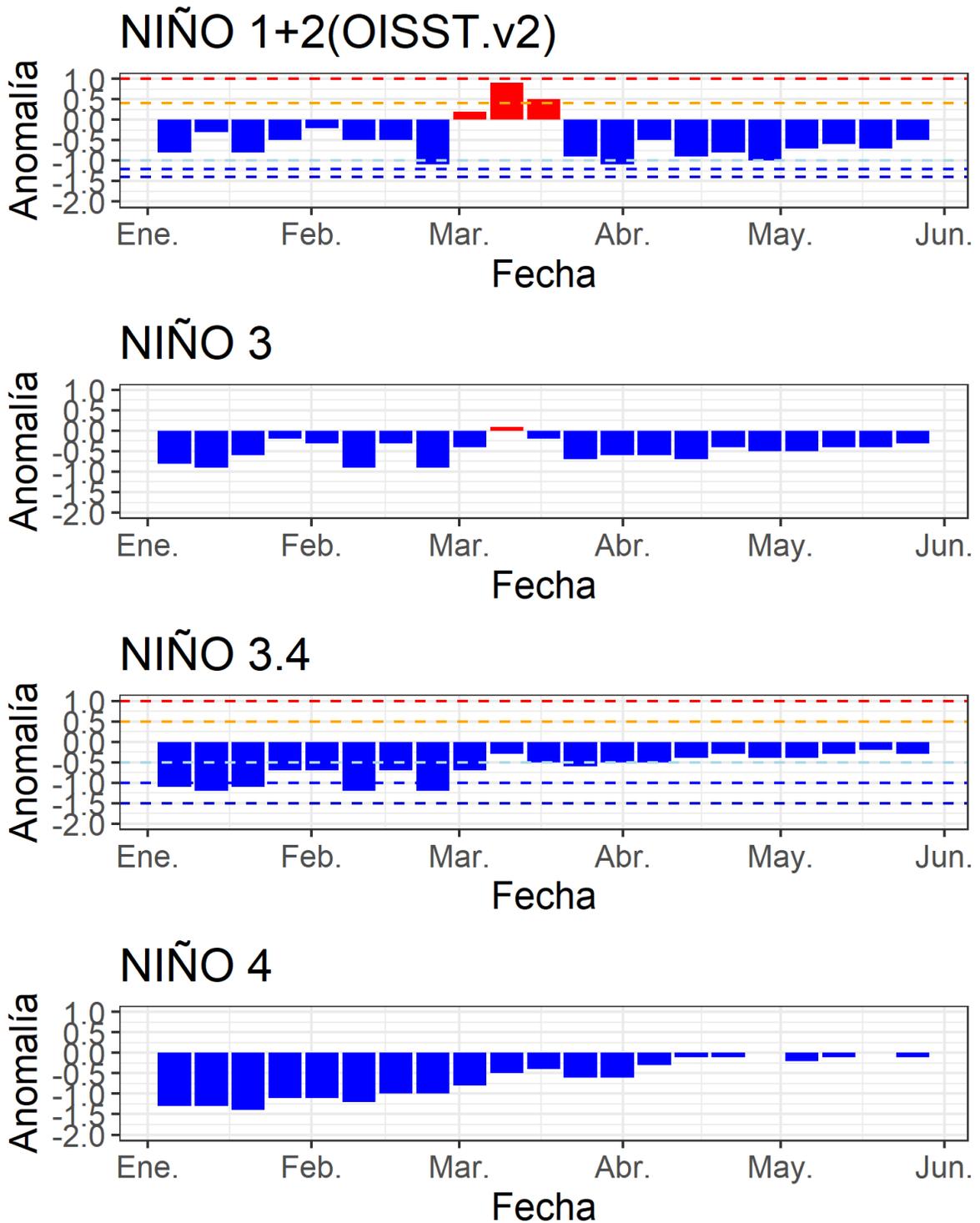


Figura 2: Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde enero del 2021 hasta mayo del 2021, Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV.

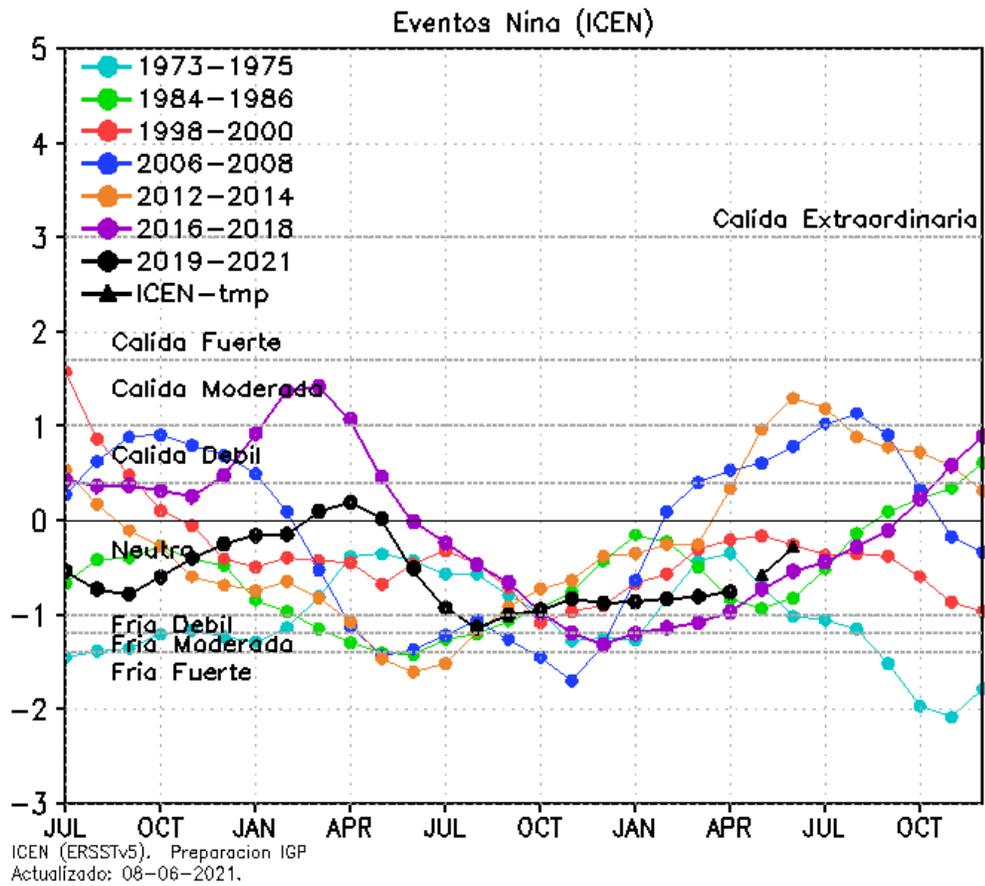
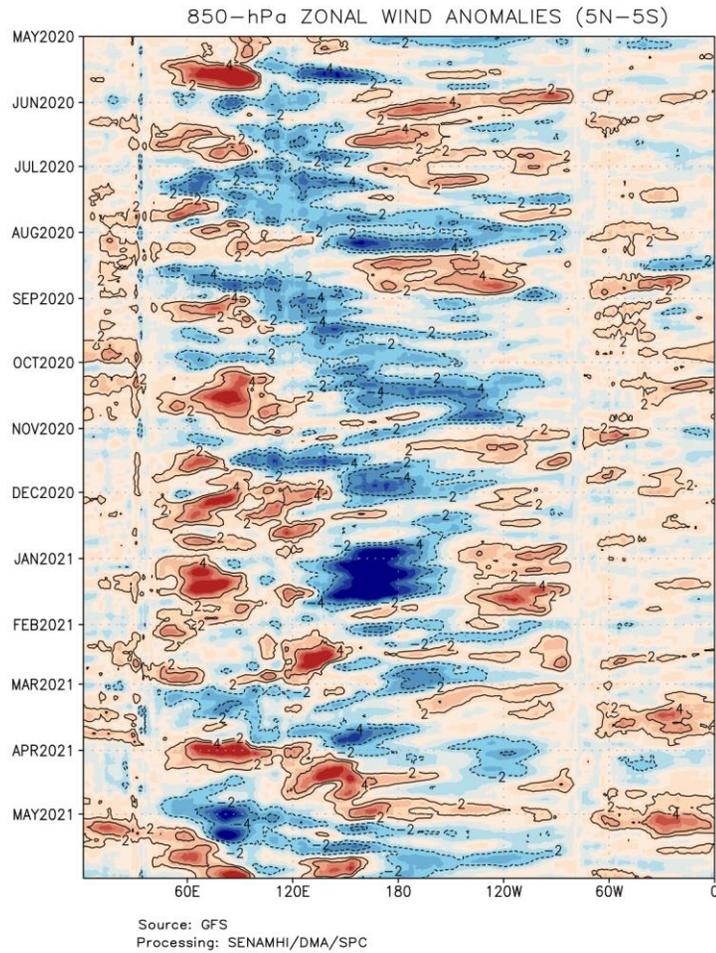


Figura 3: Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (celeste), 1984-1986 (verde), 1998-2000 (rojo), 2006-2008 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro), Fuente: IGP.

a)



b)

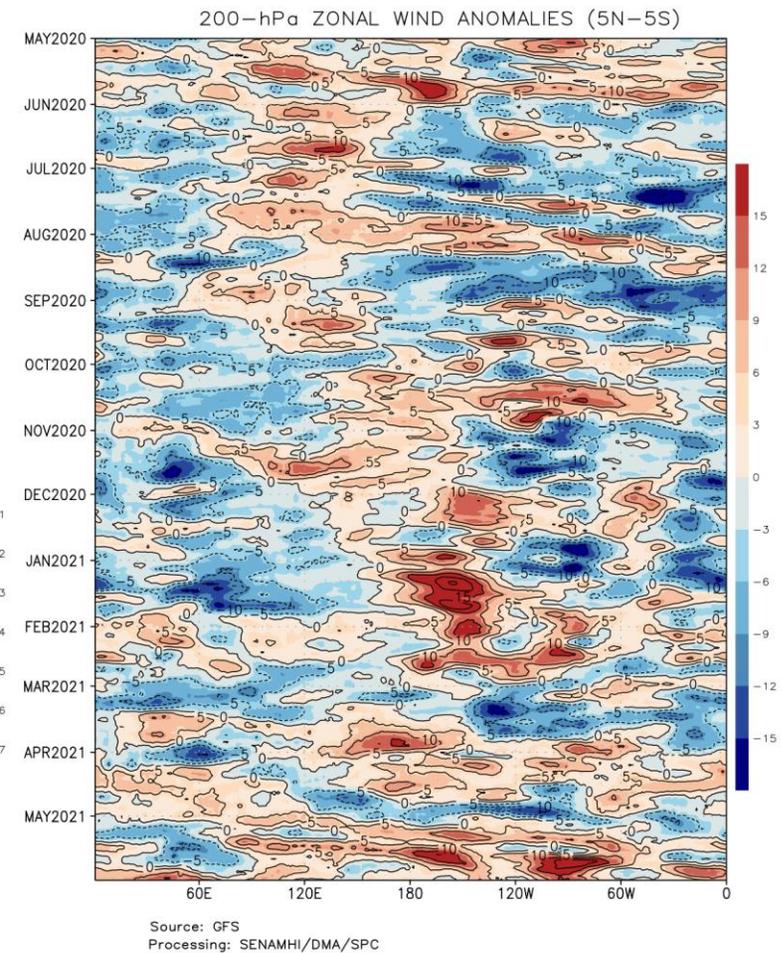


Figura 4: Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (b) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo 2020 a mayo 2021, Procesamiento: SENAMHI.

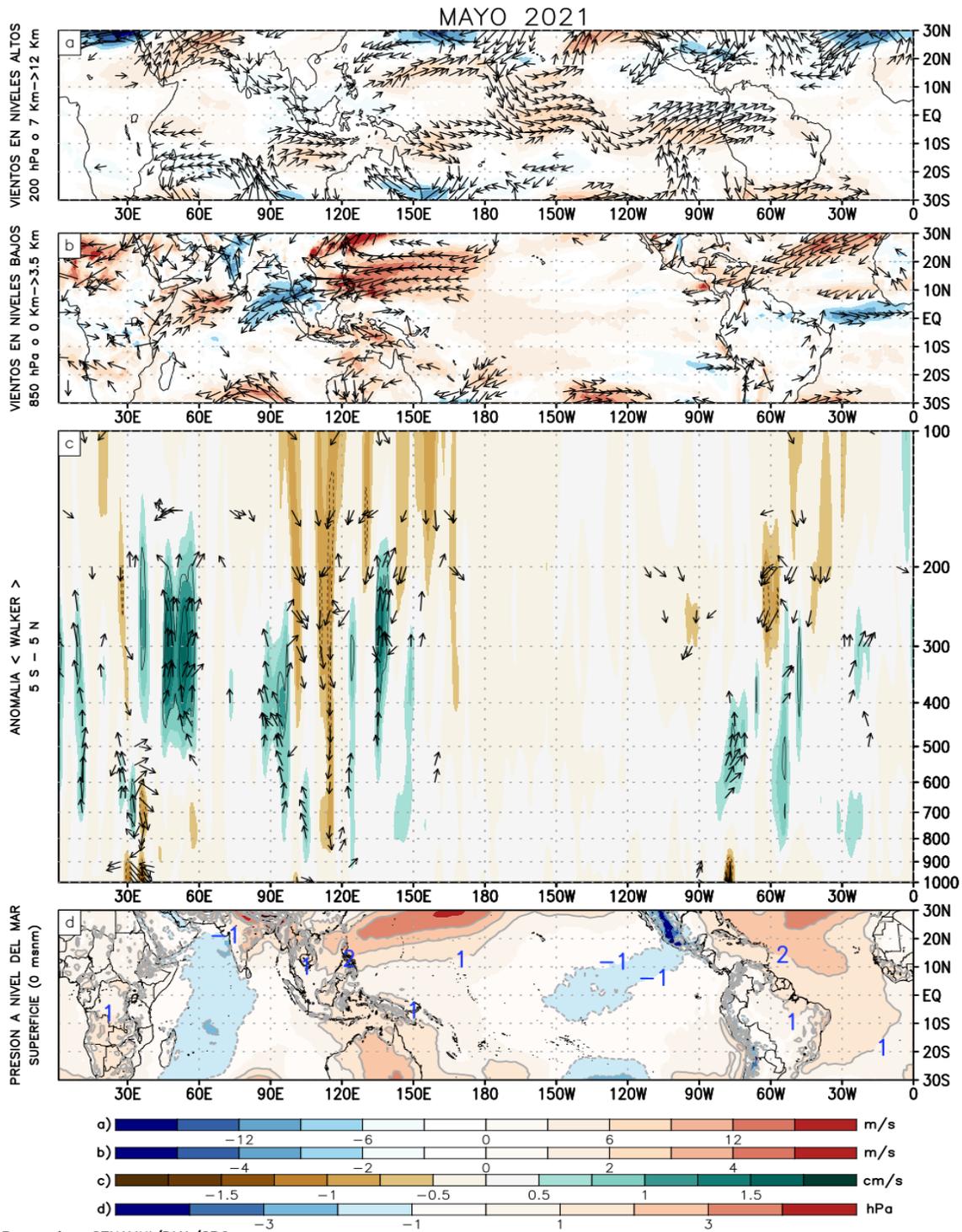


Figura 5: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de mayo de 2021, (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de mayo de 2021, (d) anomalías de presión a nivel del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

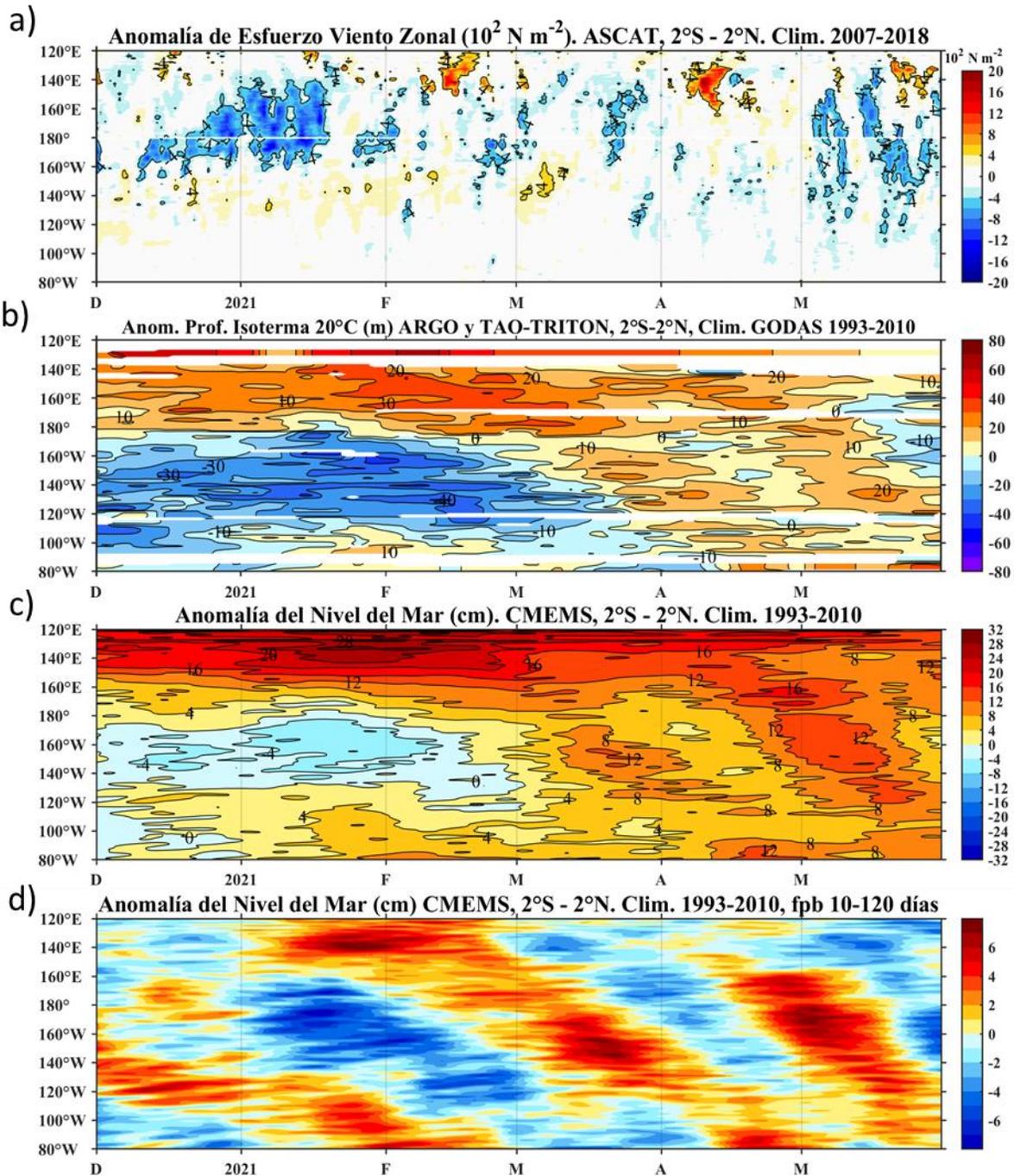
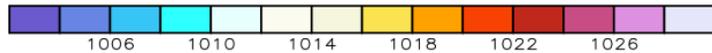
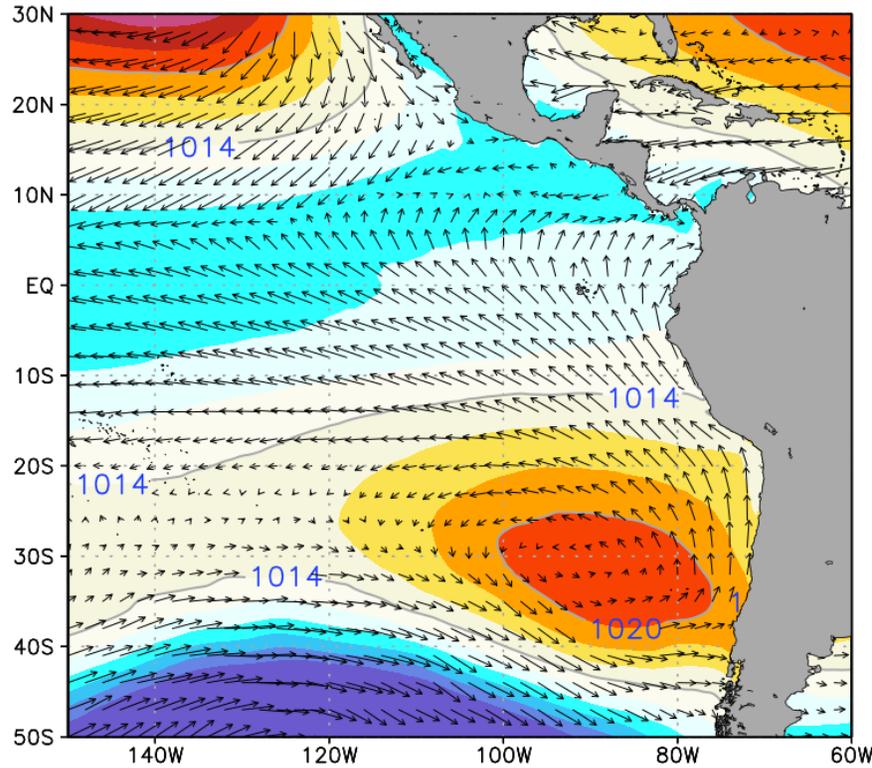


Figura 6: Diagrama Hôvmöller de a) anomalía del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalía del nivel del mar diario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

PROMEDIO DE LA PRMSL (hPa) Y VIENTOS (m/s)

MAYO

Nivel:1000 hPa



Source: GFS

Processing: SENAMHI/DMA/SPC

ANOMALIAS DE LA PRMSL (hPa) Y VIENTOS (m/s)

MAYO

Nivel:1000 hPa

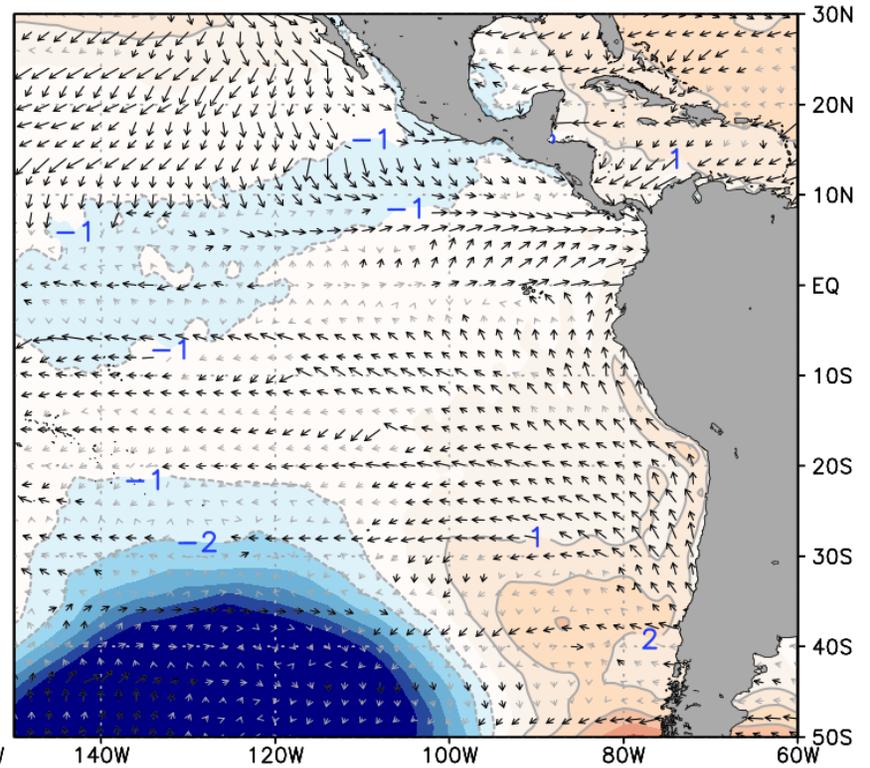
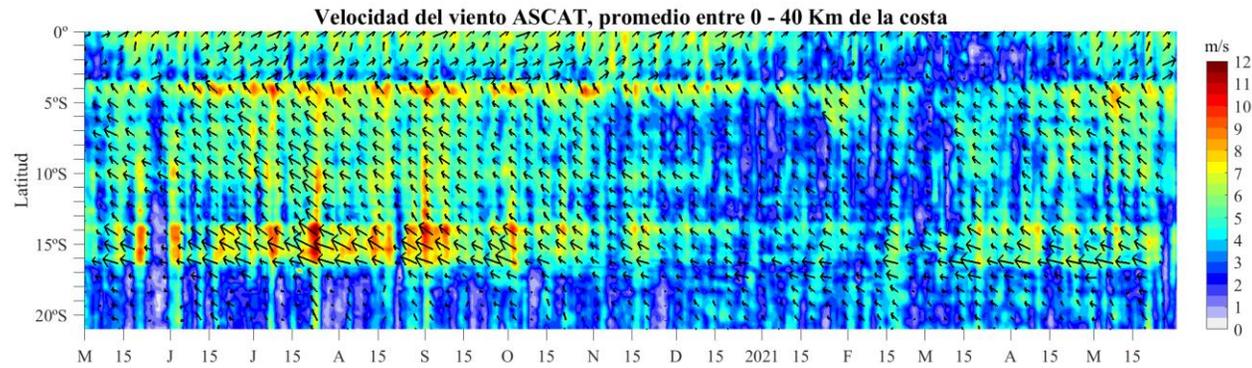


Figura 7: Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para mayo 2021, Procesamiento: SENAMHI.

a)



b)

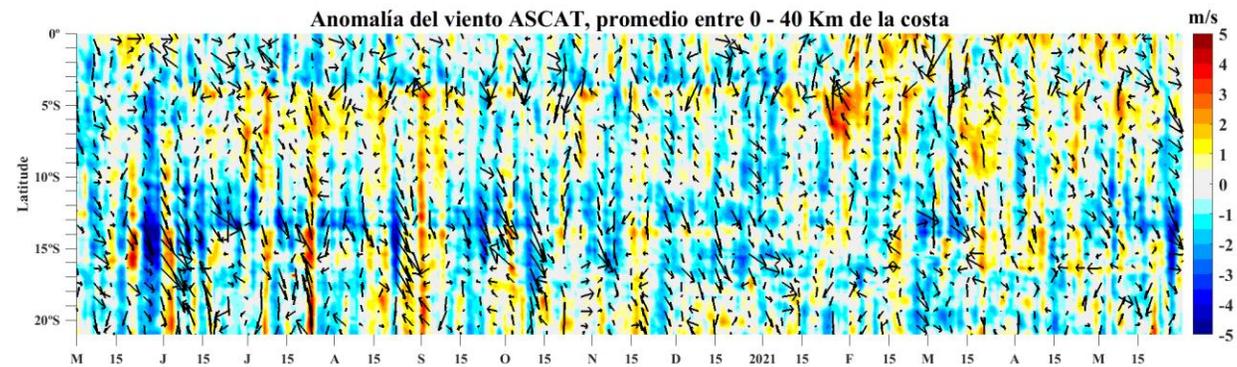


Figura 8: a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses, Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente, Actualizado al 31 de mayo de 2021. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

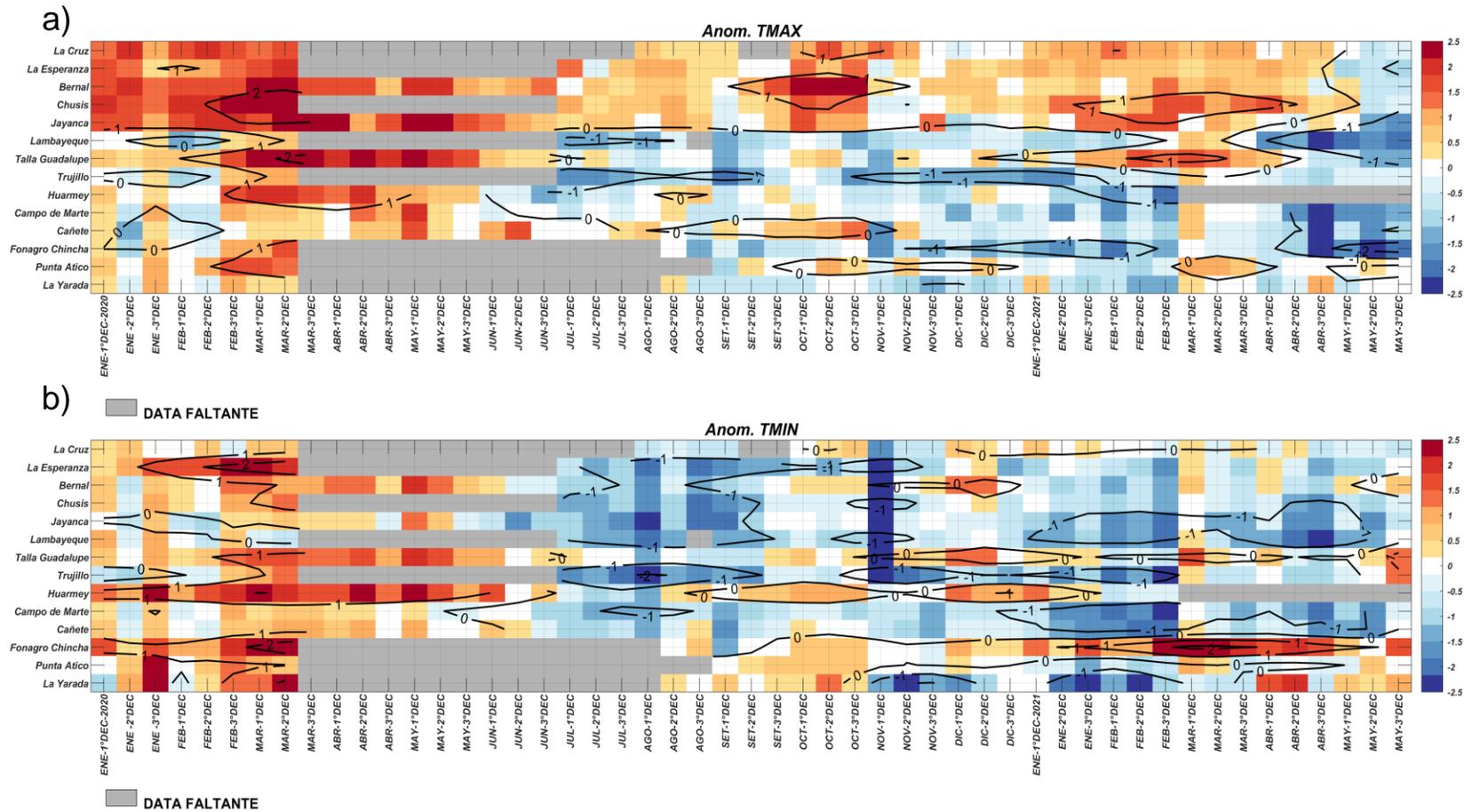


Figura 9: Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI desde enero 2020 hasta 31 de mayo del 2021
Fuente: SENAMHI.

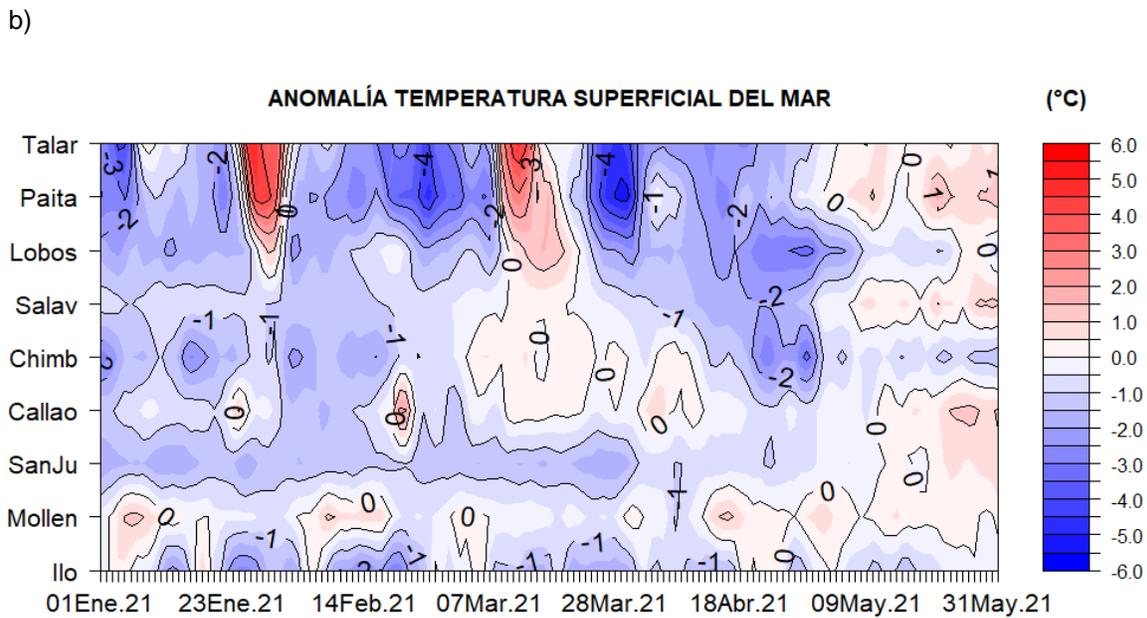
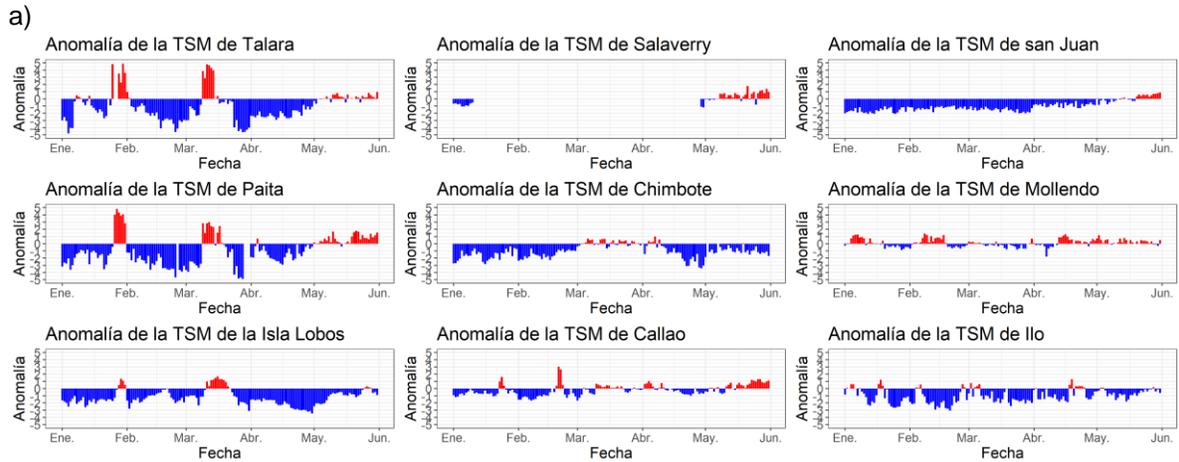


Figura 10: Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie y b) hövmoller, Actualizado al 31 de mayo del 2021, Climatología: 1981-2010, Fuente: DIHIDRONAV.

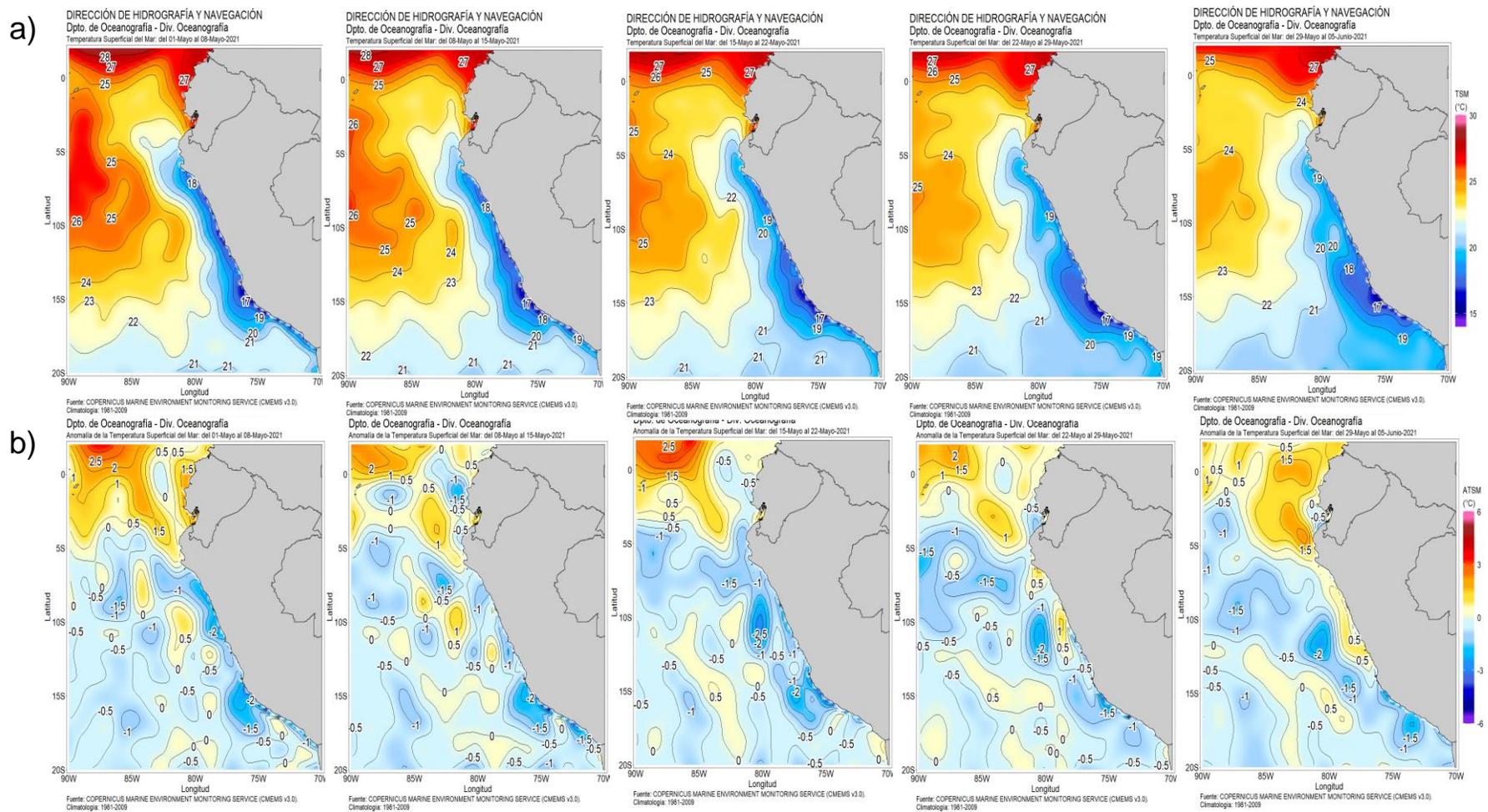


Figura 11: Mapa de distribución espacial de las temperaturas superficiales del mar (TSM, °C) (a), y de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) (b) para cada semana de mayo de 2021 de forma creciente de izquierda a derecha, en el océano Pacífico tropical oriental, Fuente: CMEMS v3,0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

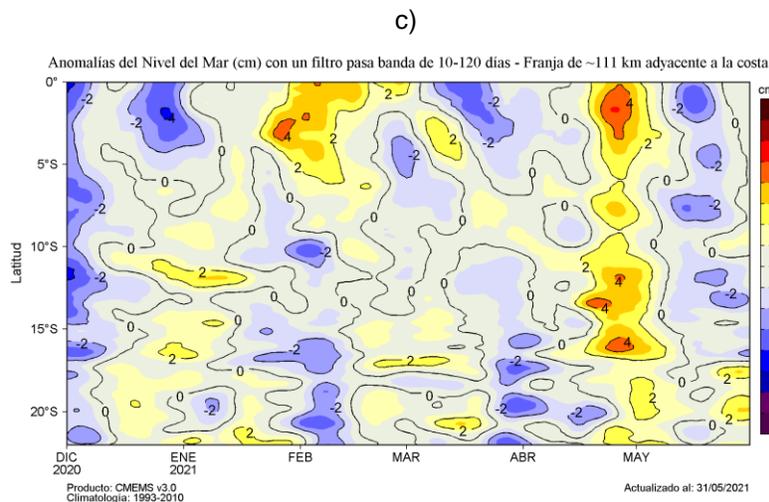
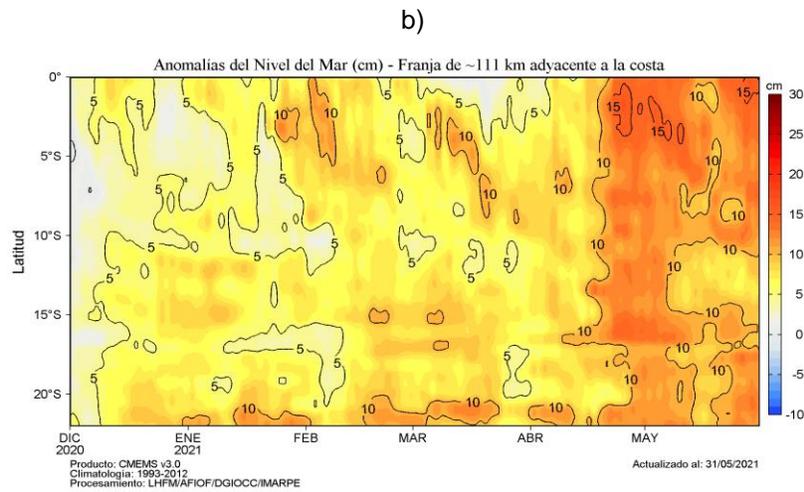
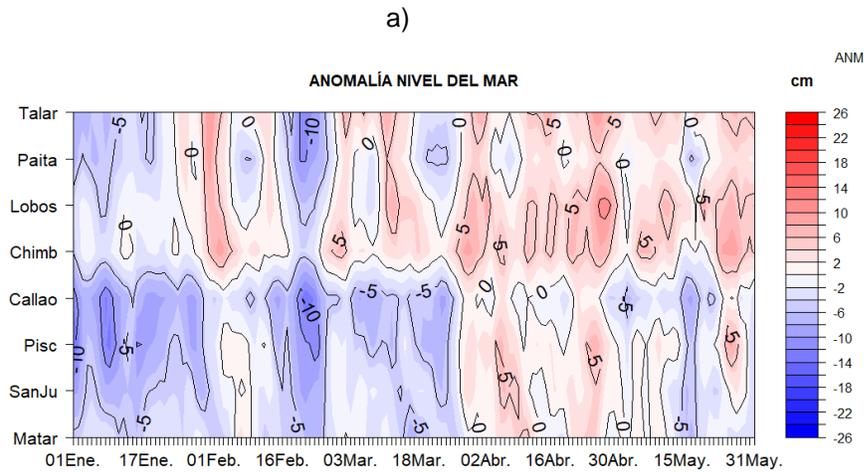


Figura 12: Anomalías del NMM, actualizados al 31 de mayo del 2021: a) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro (b) y con un filtro pasa banda de 10 a 120 días (c), para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano, Fuente: CMEMS v3,0; Climatología: 1993-2012, Procesamiento: LHFV/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

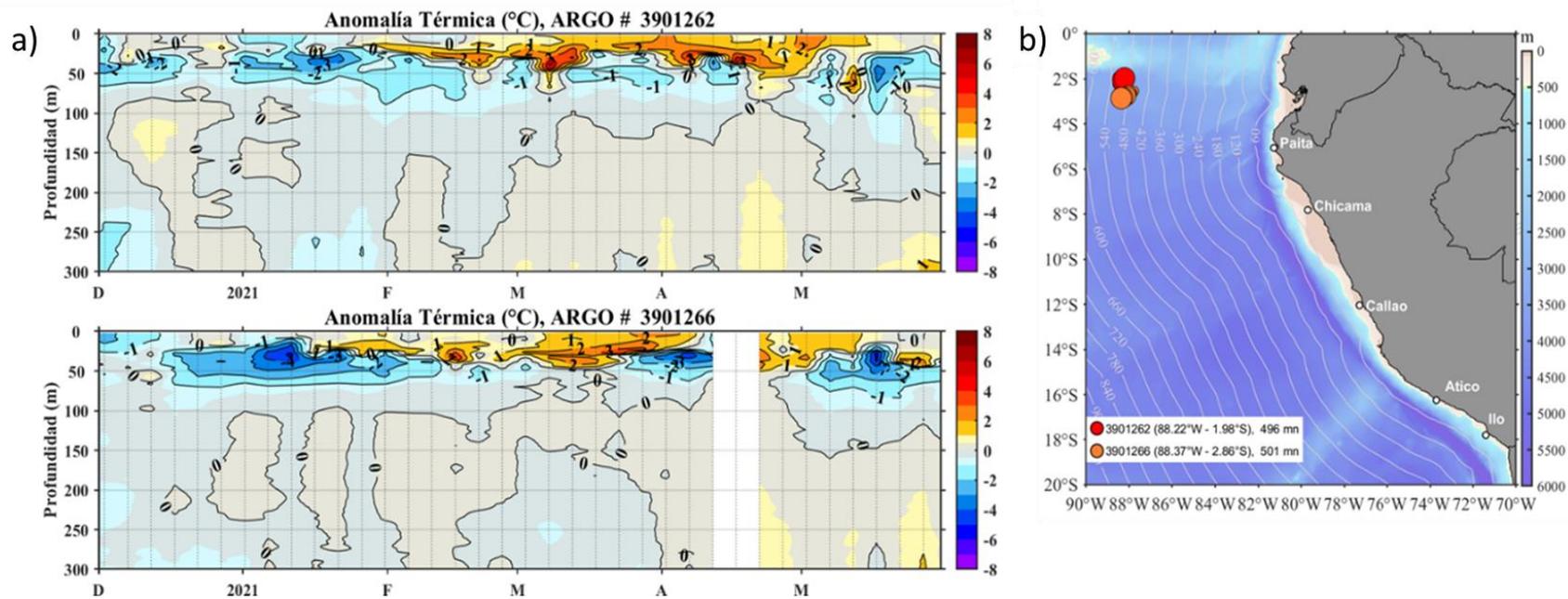


Figura 13: Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO al este de Galápagos (a). Ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para mayo 2021 de los flotadores (b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

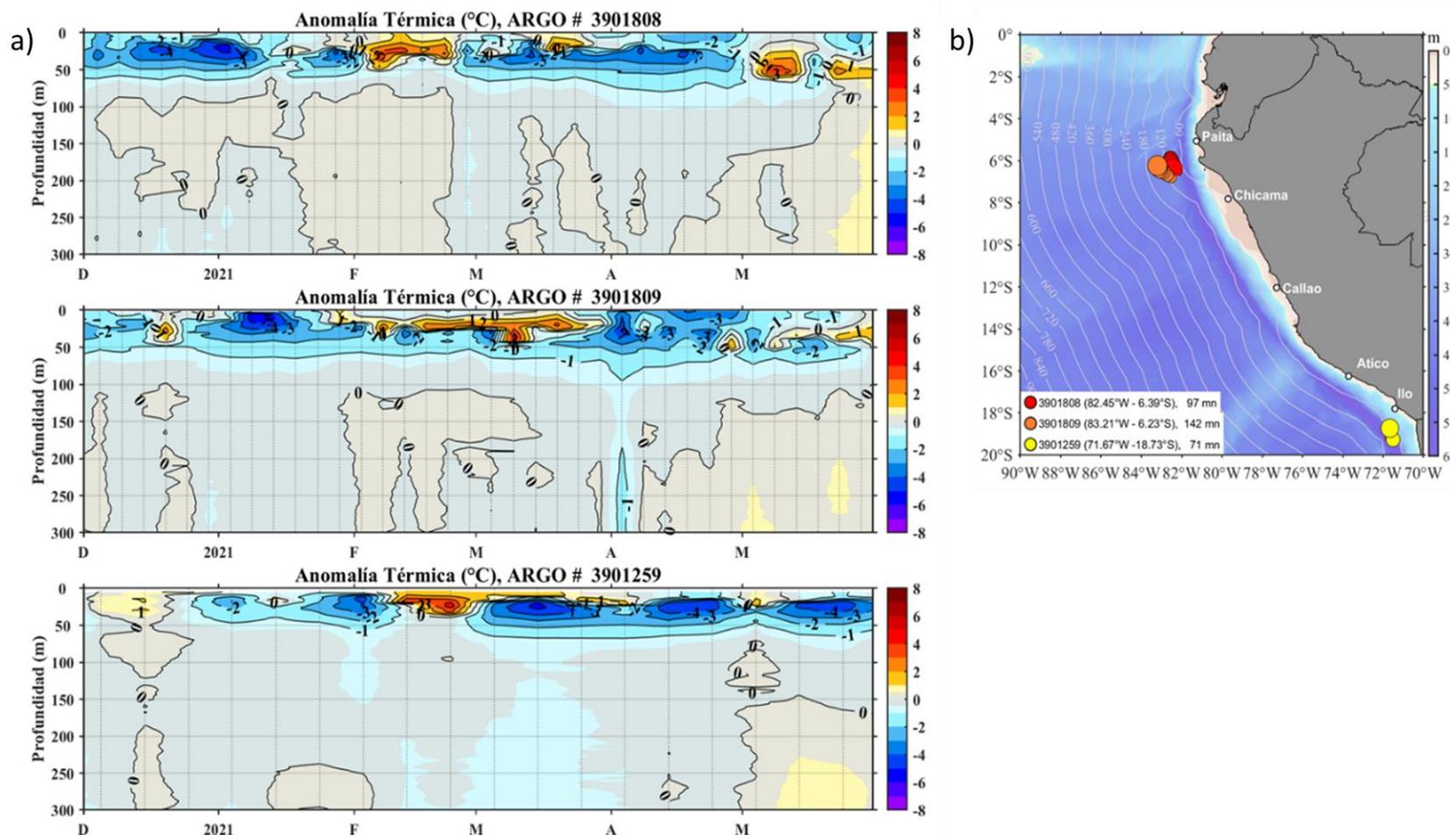


Figura 14: Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO cerca de la costa (a); y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para mayo 2021 donde brindaron información los flotadores ARGO (b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

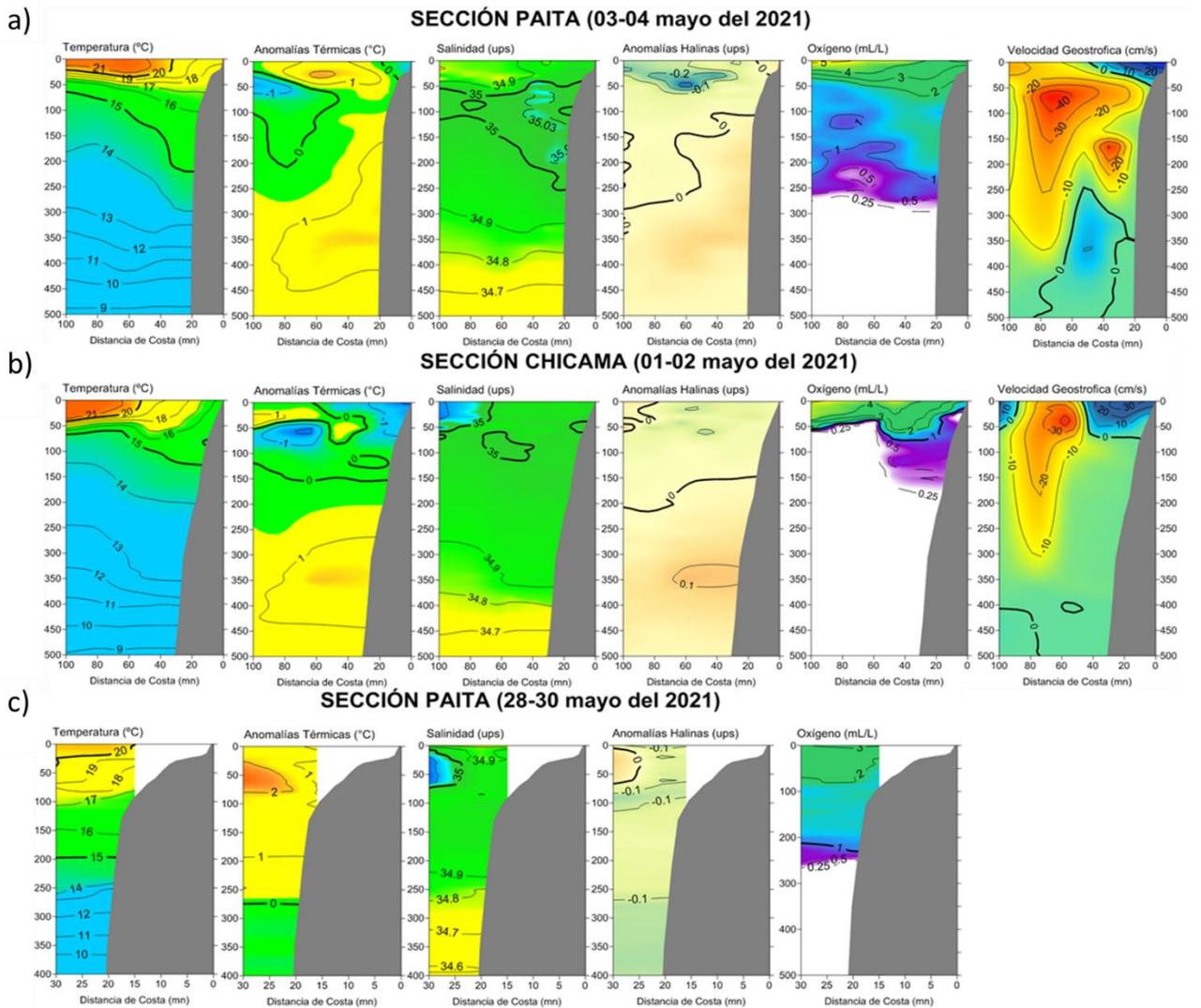


Figura 15: Sección vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), anomalías halinas (ups), oxígeno (mL L^{-1}) y velocidad geostrofica (cm s^{-1}) (de izquierda a derecha) frente a Paita, 03-04 mayo (a), Chicama, 01-02 de mayo (b), y Paita, 28-30 de mayo (c).

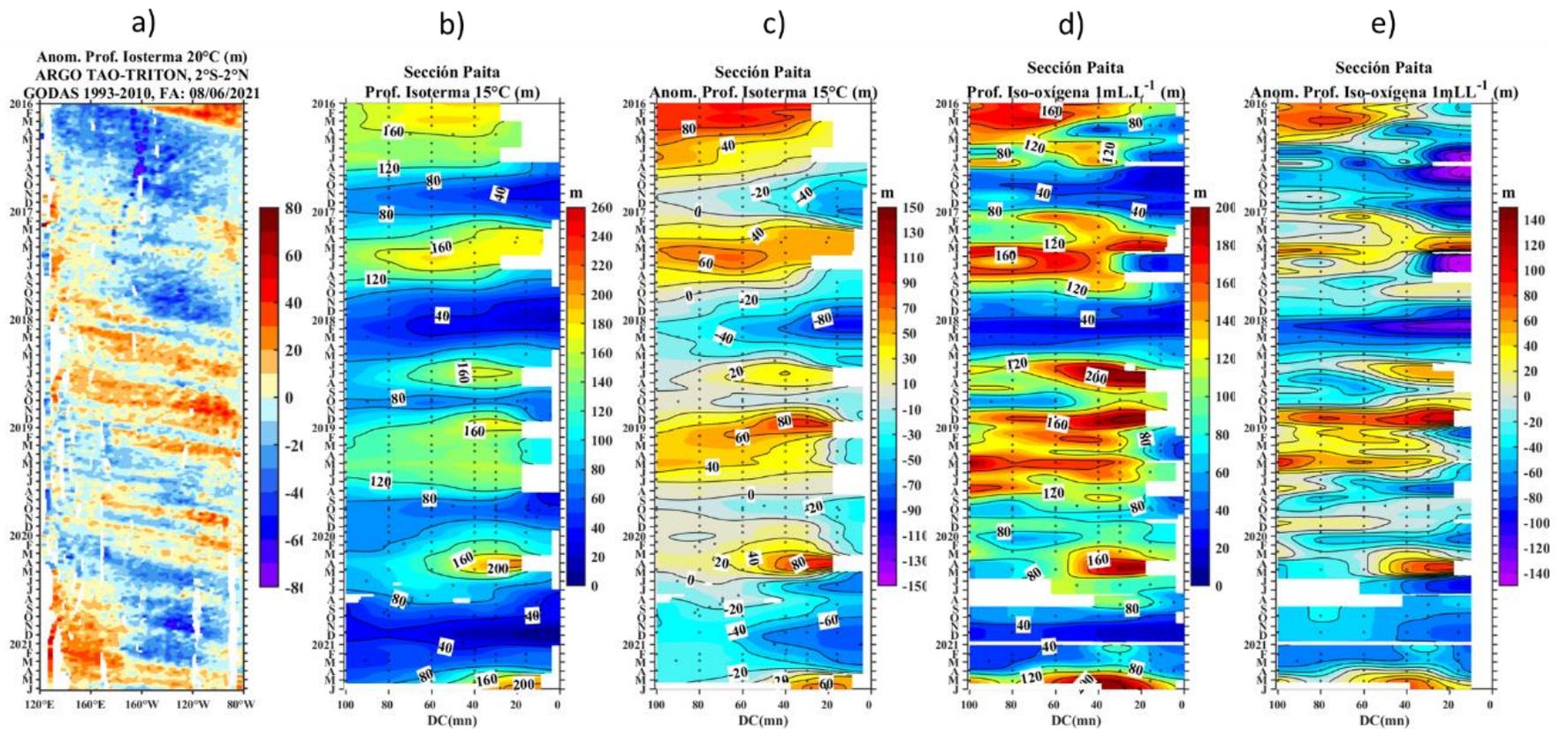


Figura 16: Diagrama Hovmoller de a) profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacífico ecuatorial (120°E – 80°W y 2°N – 2°S) con las boyas ARGO y TAO/TRITON, b) profundidad de la isoterma de 15 °C, c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, d) profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, e) anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita (0-100 m.n.). Climatología de 1981 a 2010.

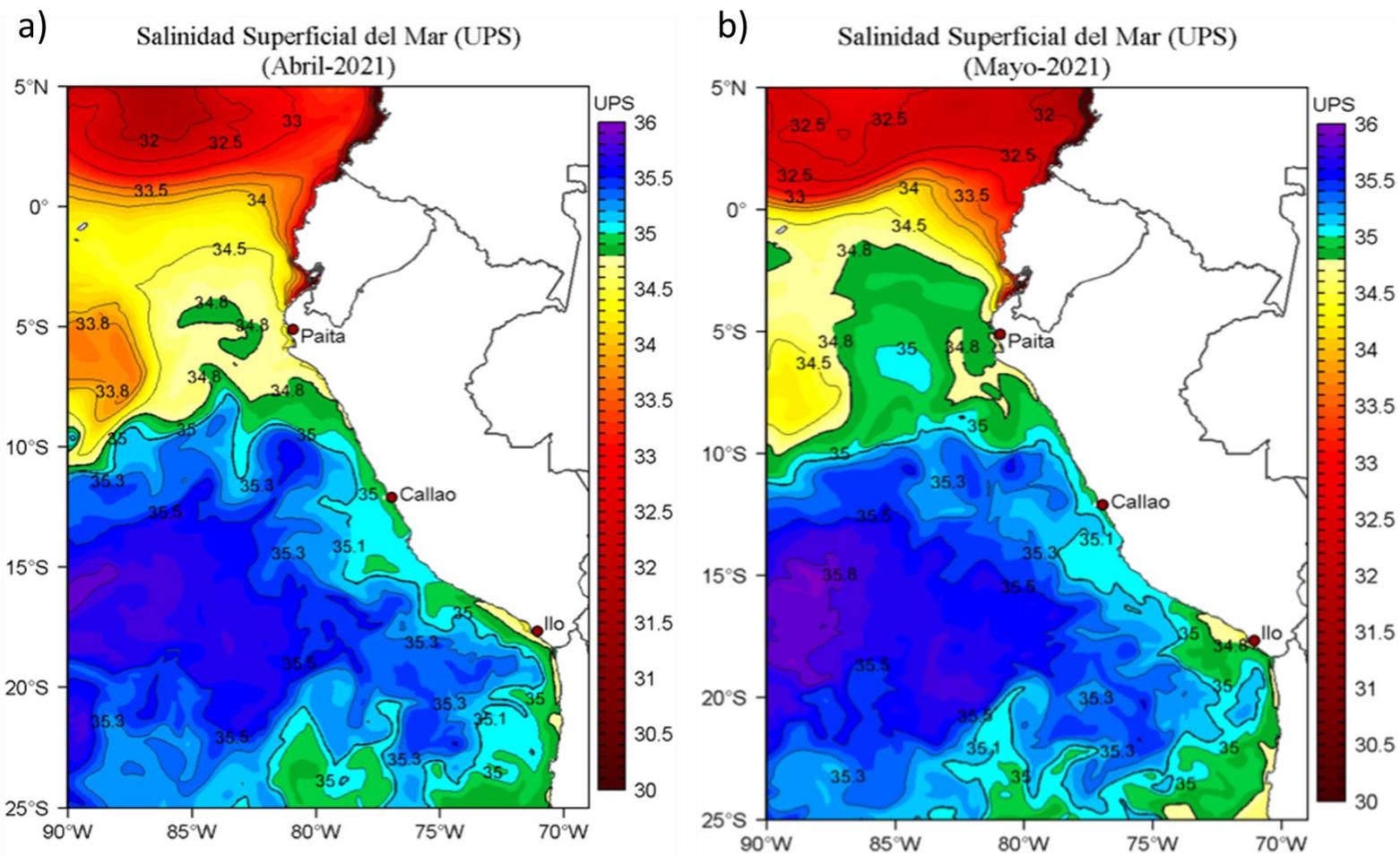


Figura 17: Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar (ups) para a) abril y b) mayo de 2021 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR.

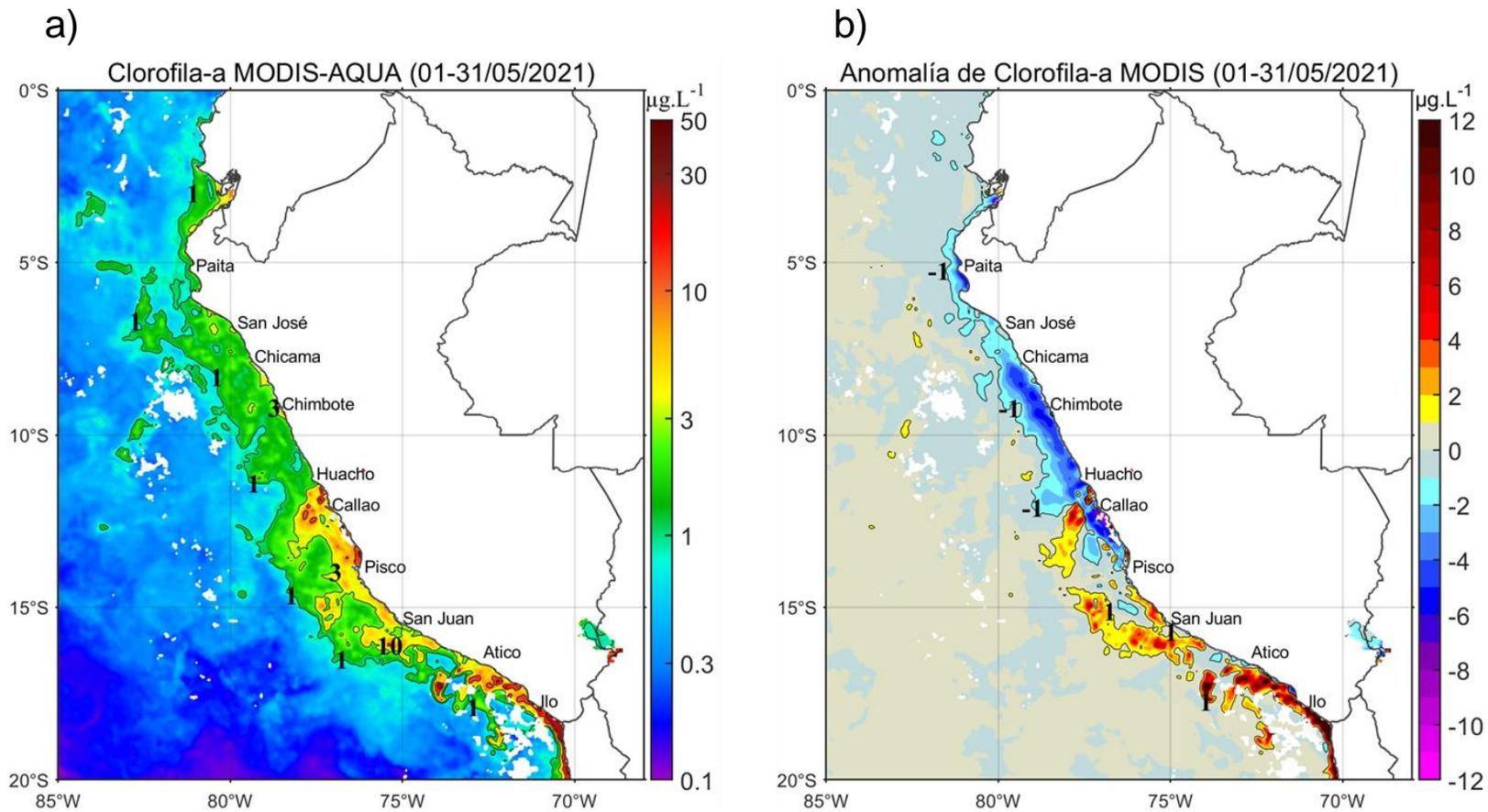


Figura 18: Mapa de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b) durante mayo de 2021, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Fuente: IMARPE.

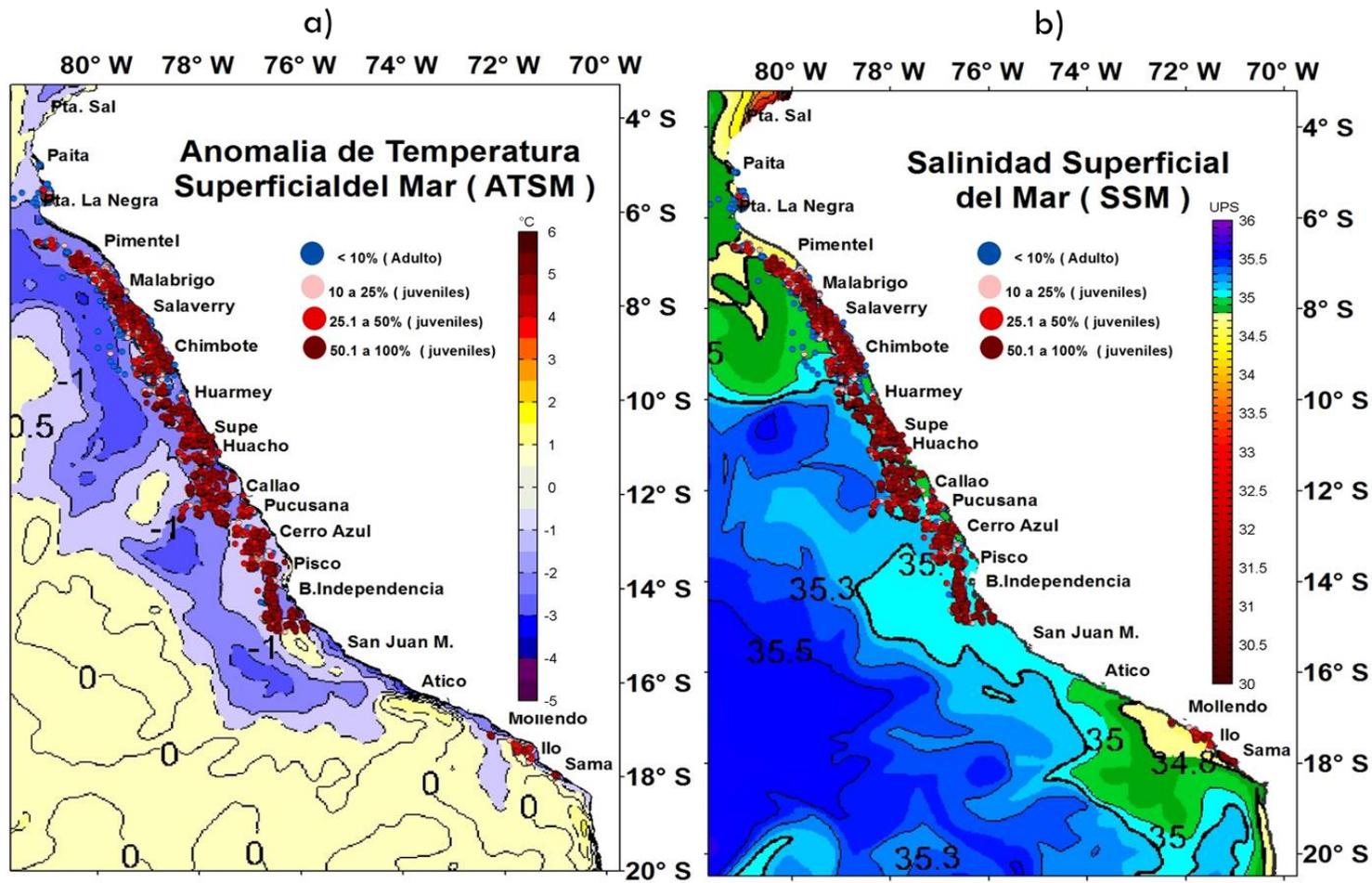


Figura 19: Distribución de la anchoveta en las regiones norte-centro y sur y su relación con la a) anomalía promedio de la temperatura del mar (ATSM) y b) salinidad superficial del mar (SSM) durante mayo 2021.

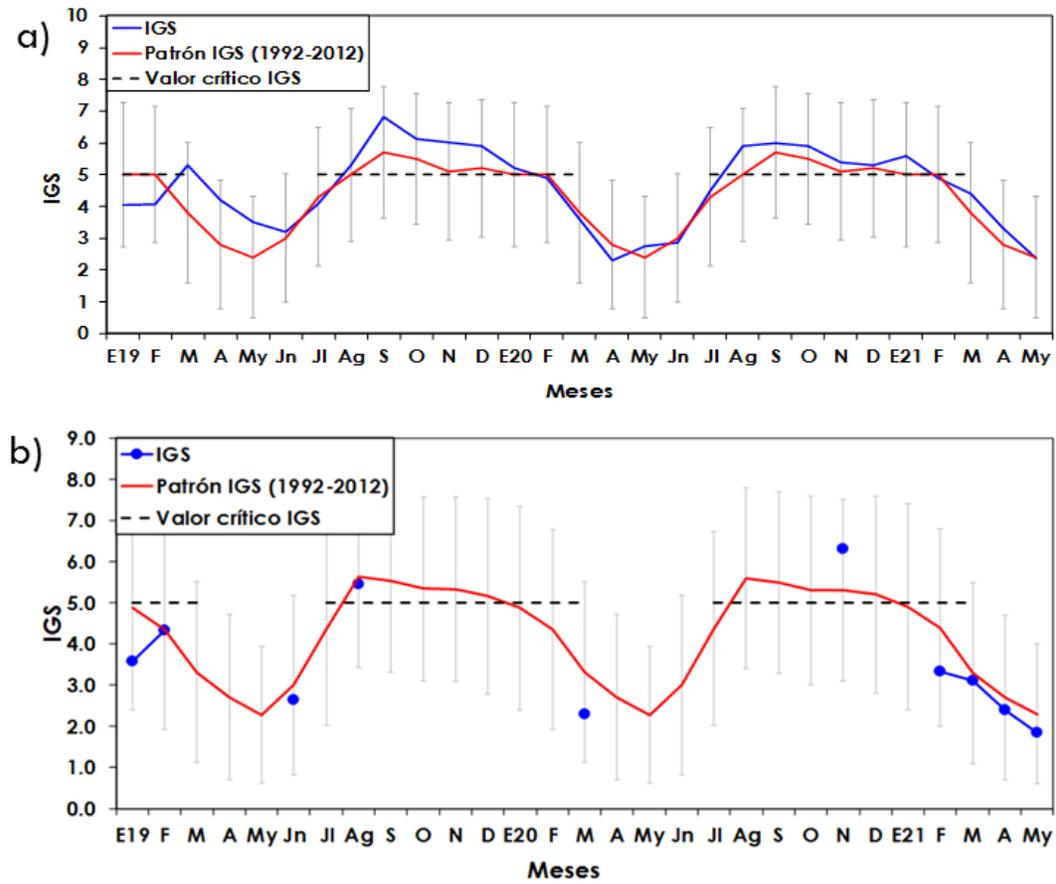


Figura 20: Índice Gonadosomático de anchoveta de la a) región norte – centro y b) región sur durante el periodo enero 2019 a mayo 2021. Fuente: IMARPE

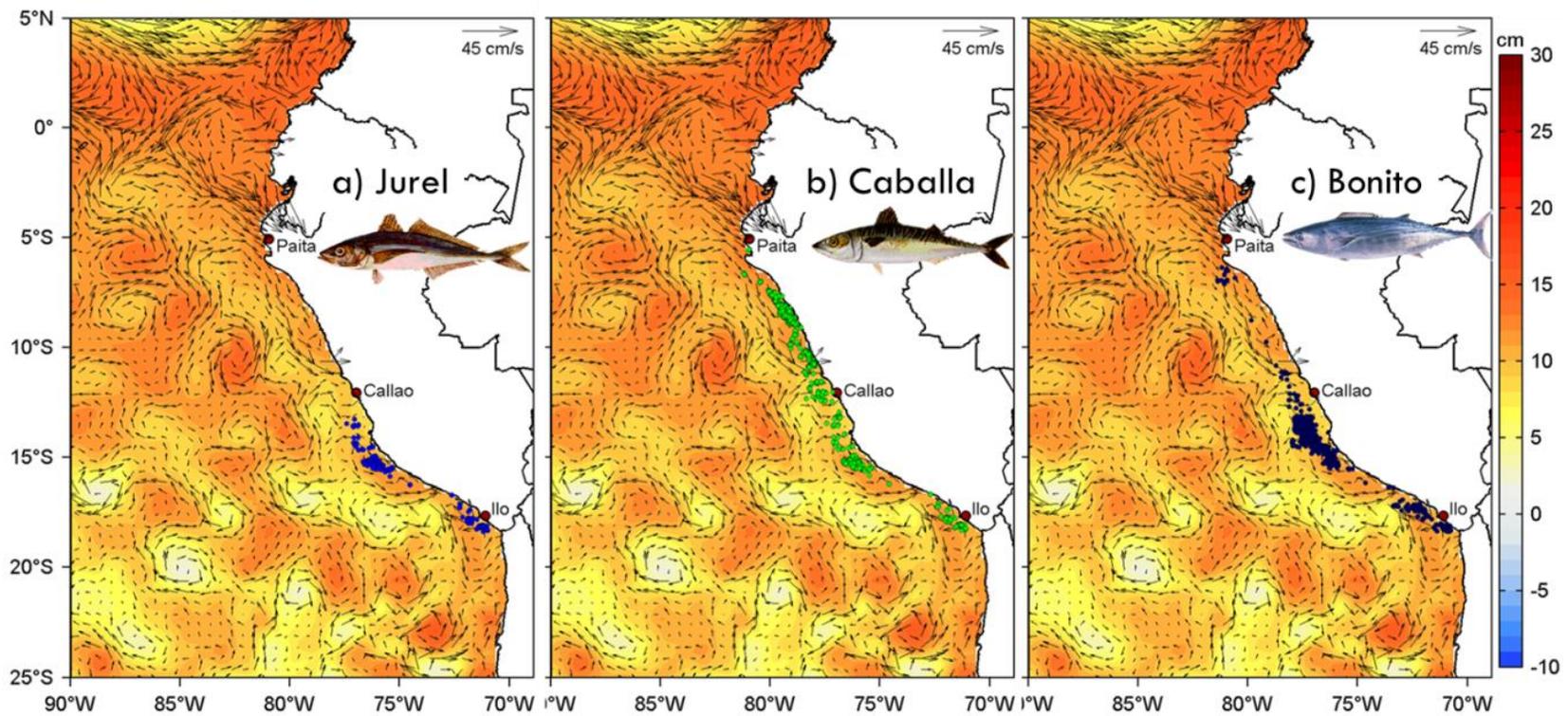


Figura 21: Distribución de a) jurel, b) caballa y c) bonito asociados a la anomalía del nivel del mar (ANM) y vórtices generados con un filtro de banda de 10-120 días para la franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano durante mayo 2021.

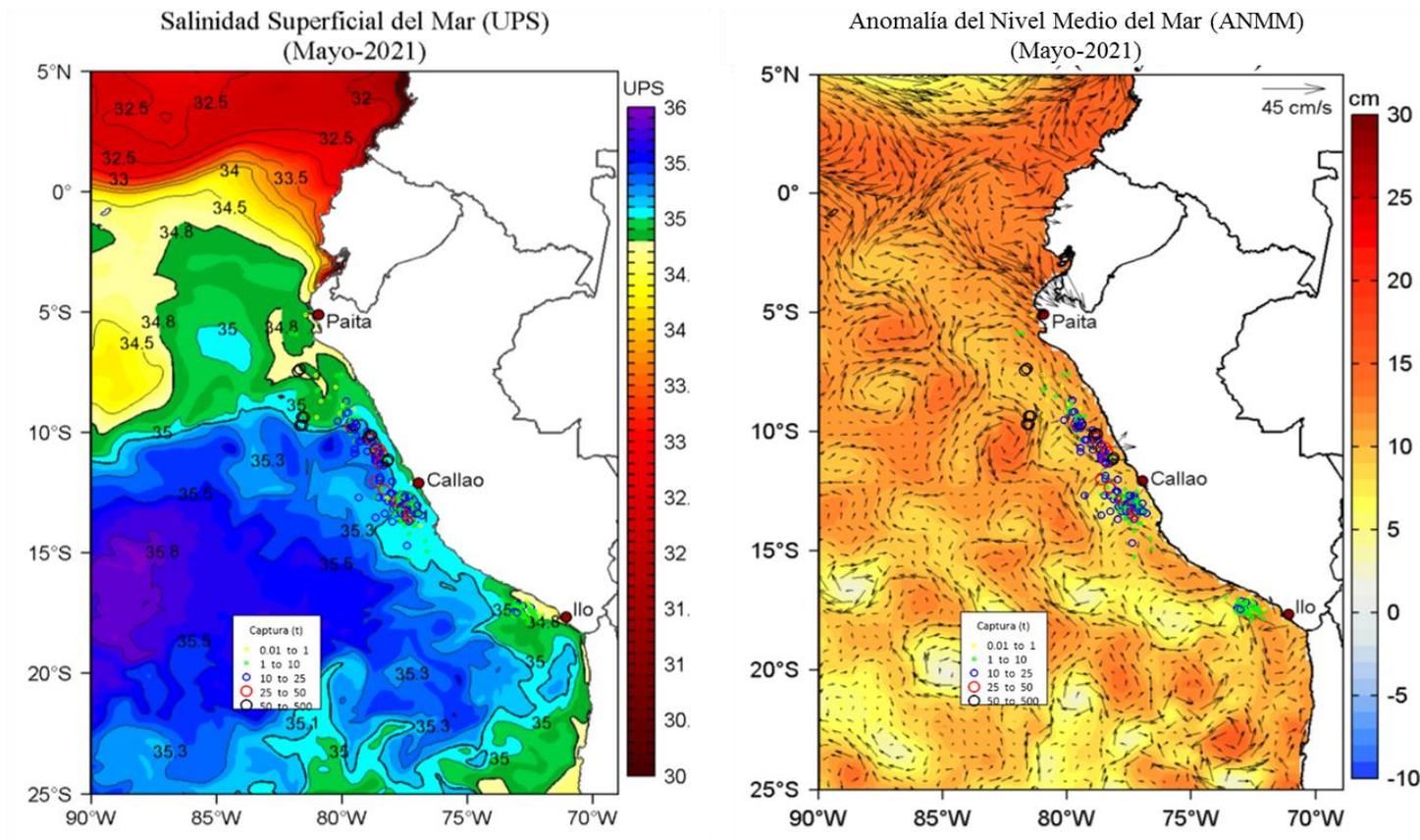
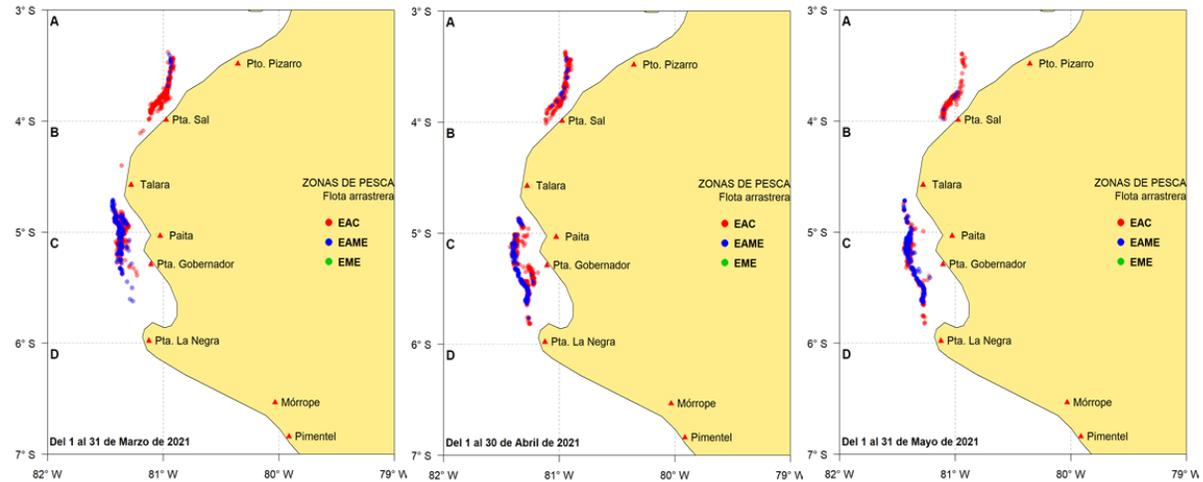


Figura 22. Distribución de la pota en condiciones de a) salinidad superficial del mar (ups) y b) anomalías del nivel del mar (cm) y vórtices frente al litoral peruano durante el periodo mayo 2021.

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



Embarcaciones: Arrastreras Costeras (EAC), Arrastreras de Mediana Escala (EAME), de Menor Escala (EME)

b) Estructura de tallas

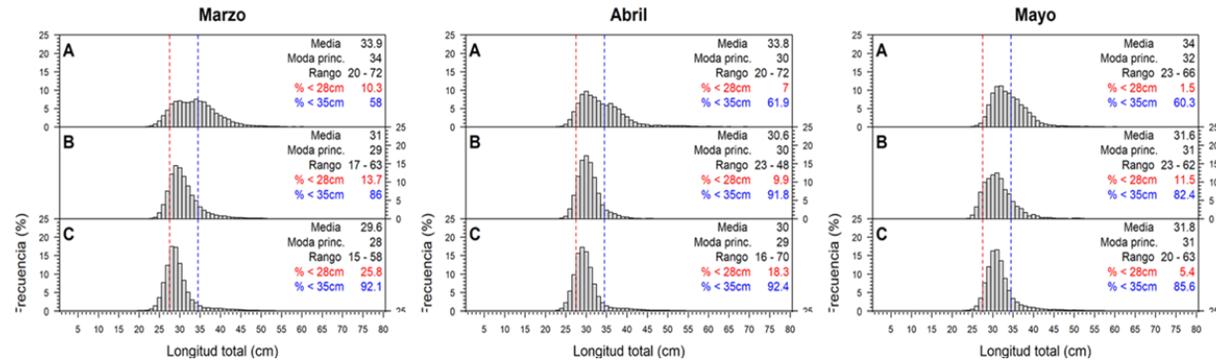


Figura 23: a) Distribución y b) estructura de tallas mensual de merluza según grado latitudinal (A: 3°S, B: 4°S, C: 5°S y D: 6°S) durante el periodo marzo - mayo 2021.

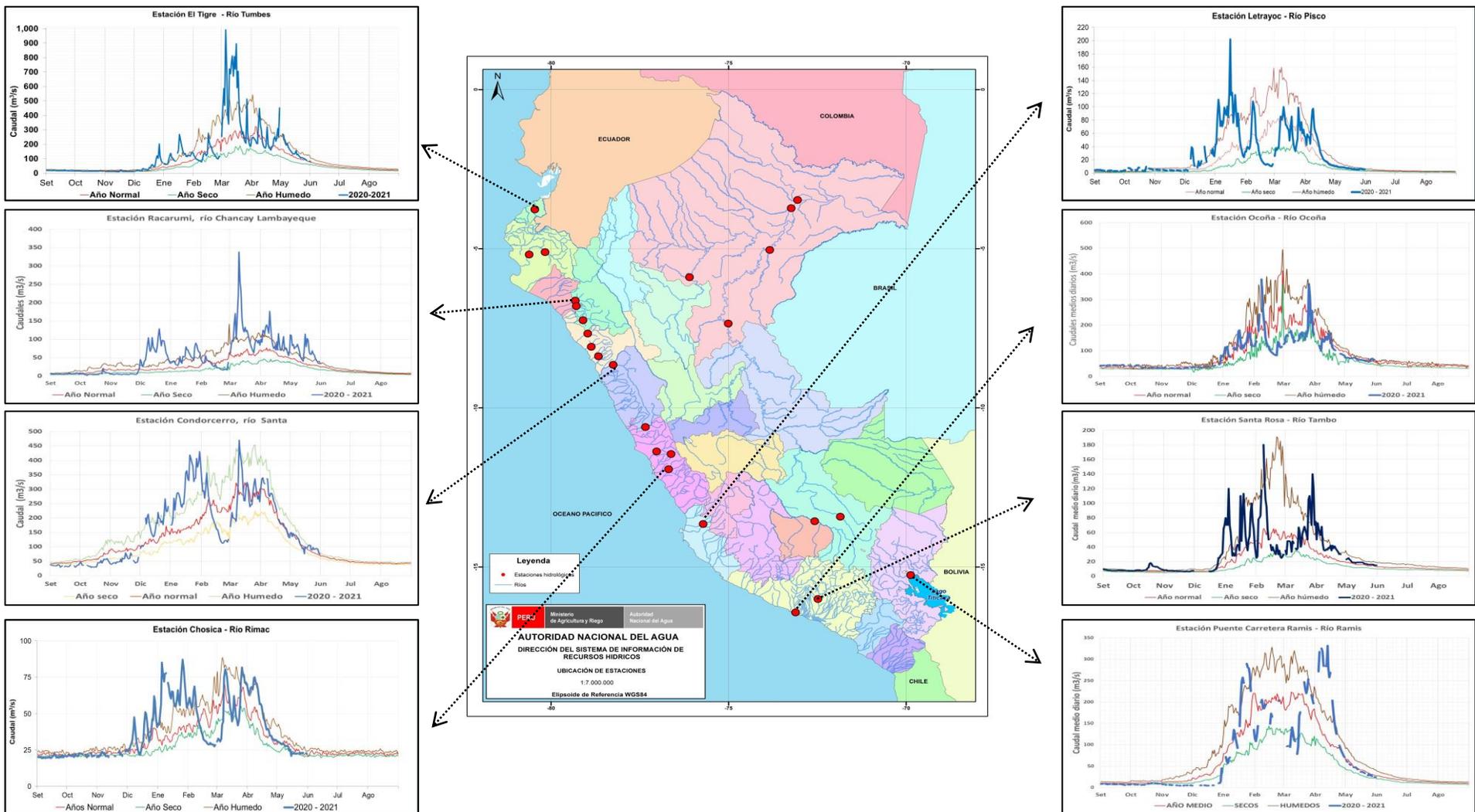


Figura 24: Caudales diarios ($m^3 s^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de mayo 2021. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y Juntas de Usuarios. Procesamiento: ANA.

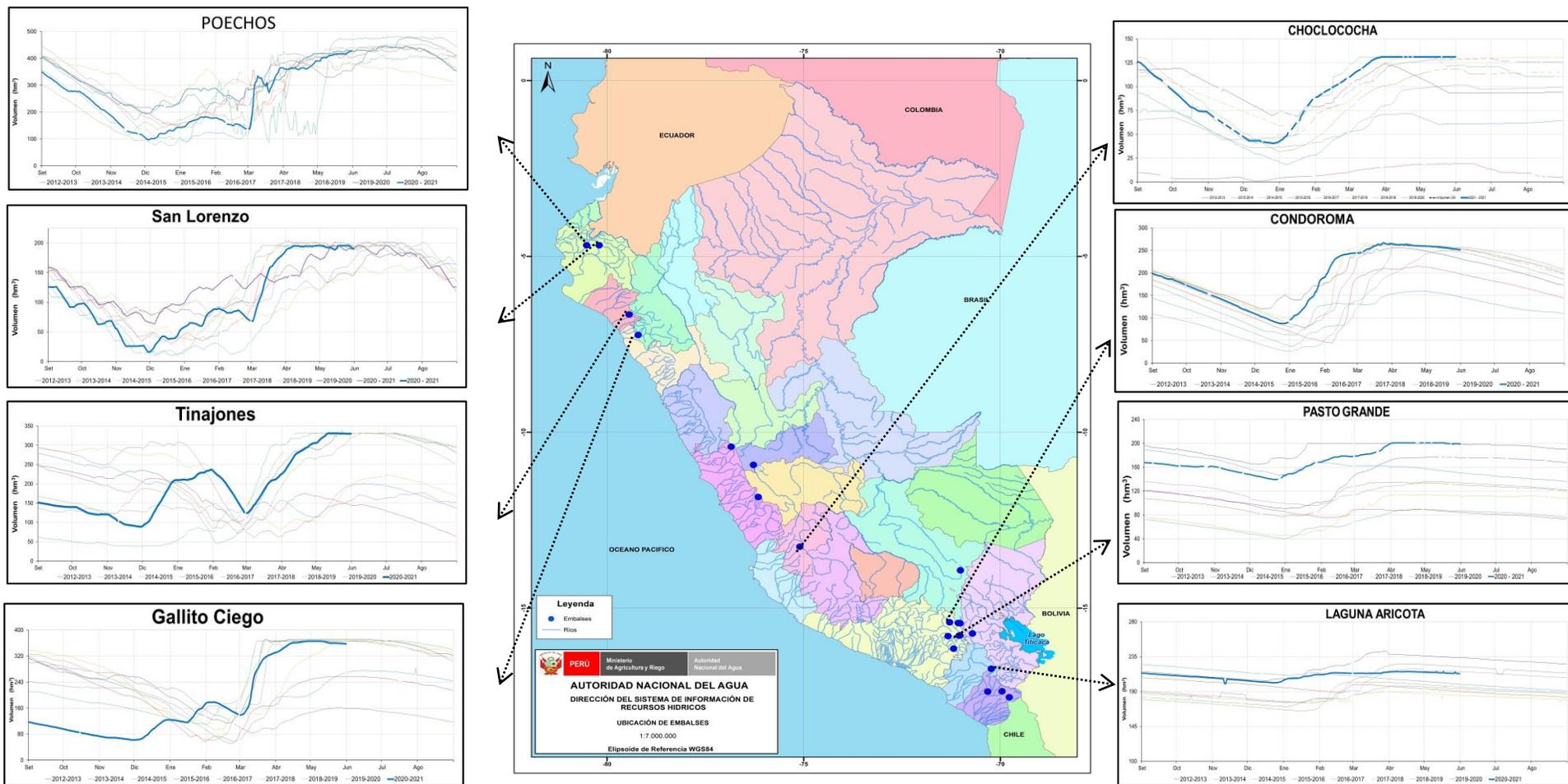


Figura 25: Volúmenes de almacenamiento (hm^3) de los principales embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de mayo 2021. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: corresponden 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.

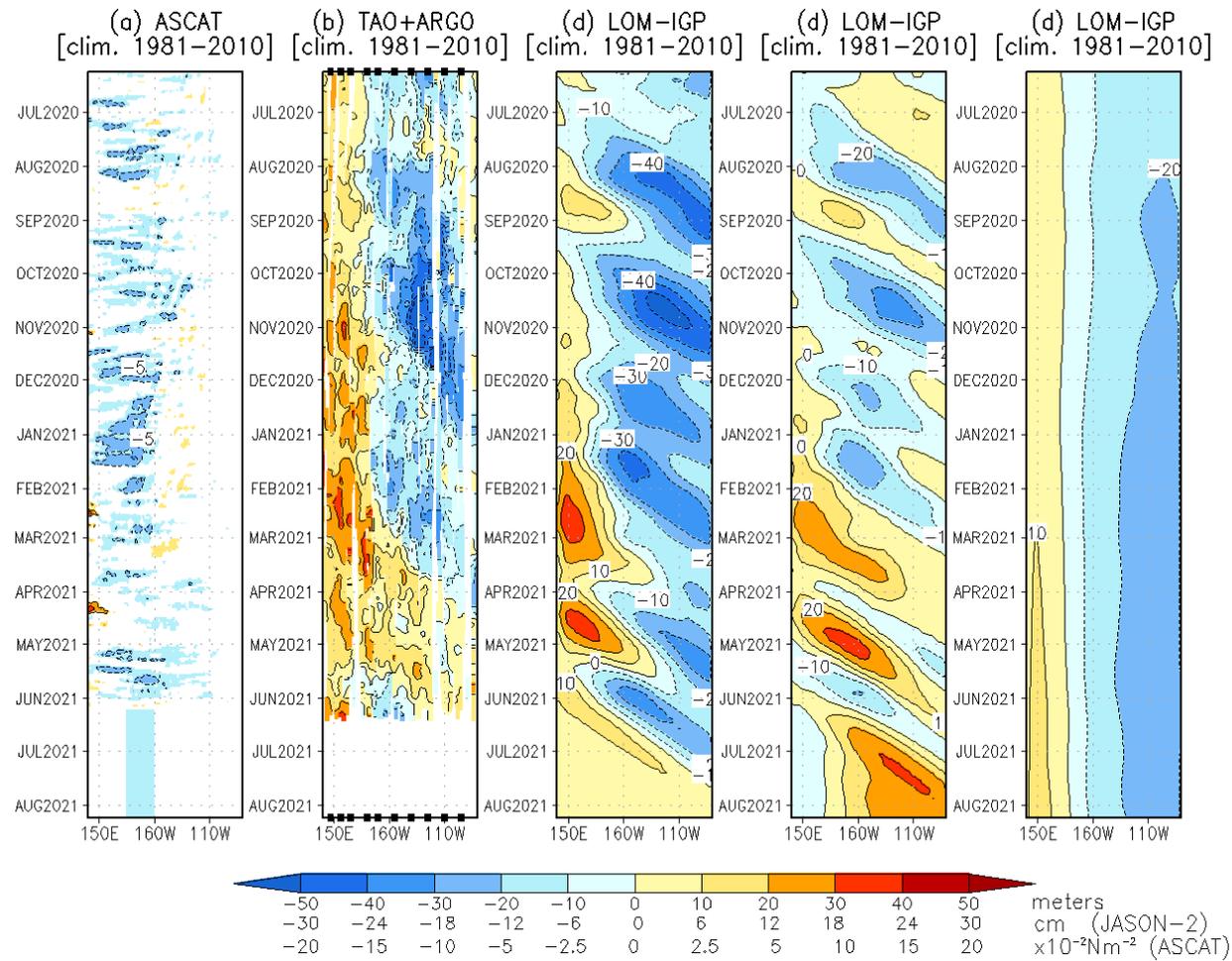


Figura 26: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y 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. Procesamiento: IGP

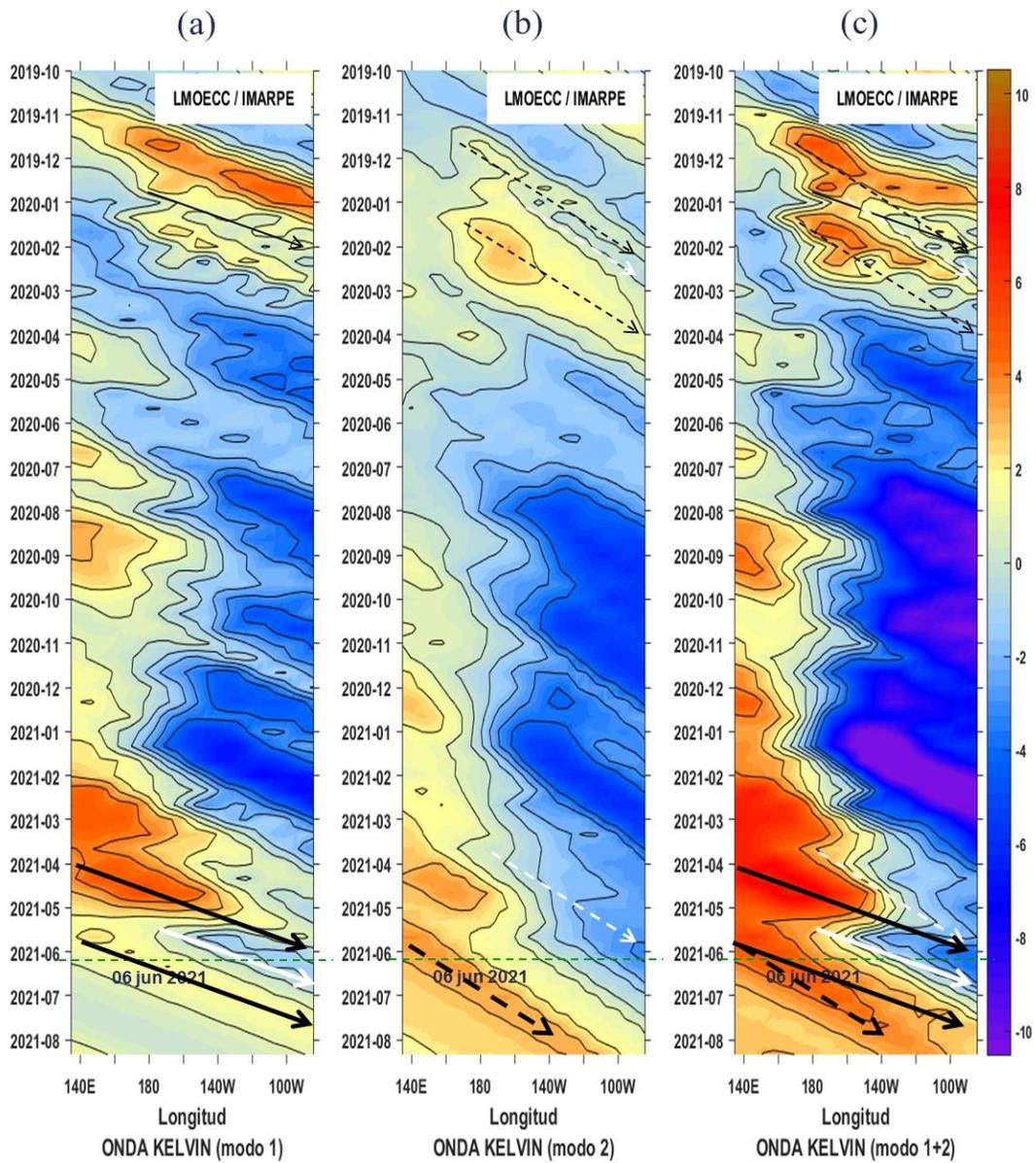


Figura 27: Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico: 06 de junio 2021. Fuente: IMARPE.

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

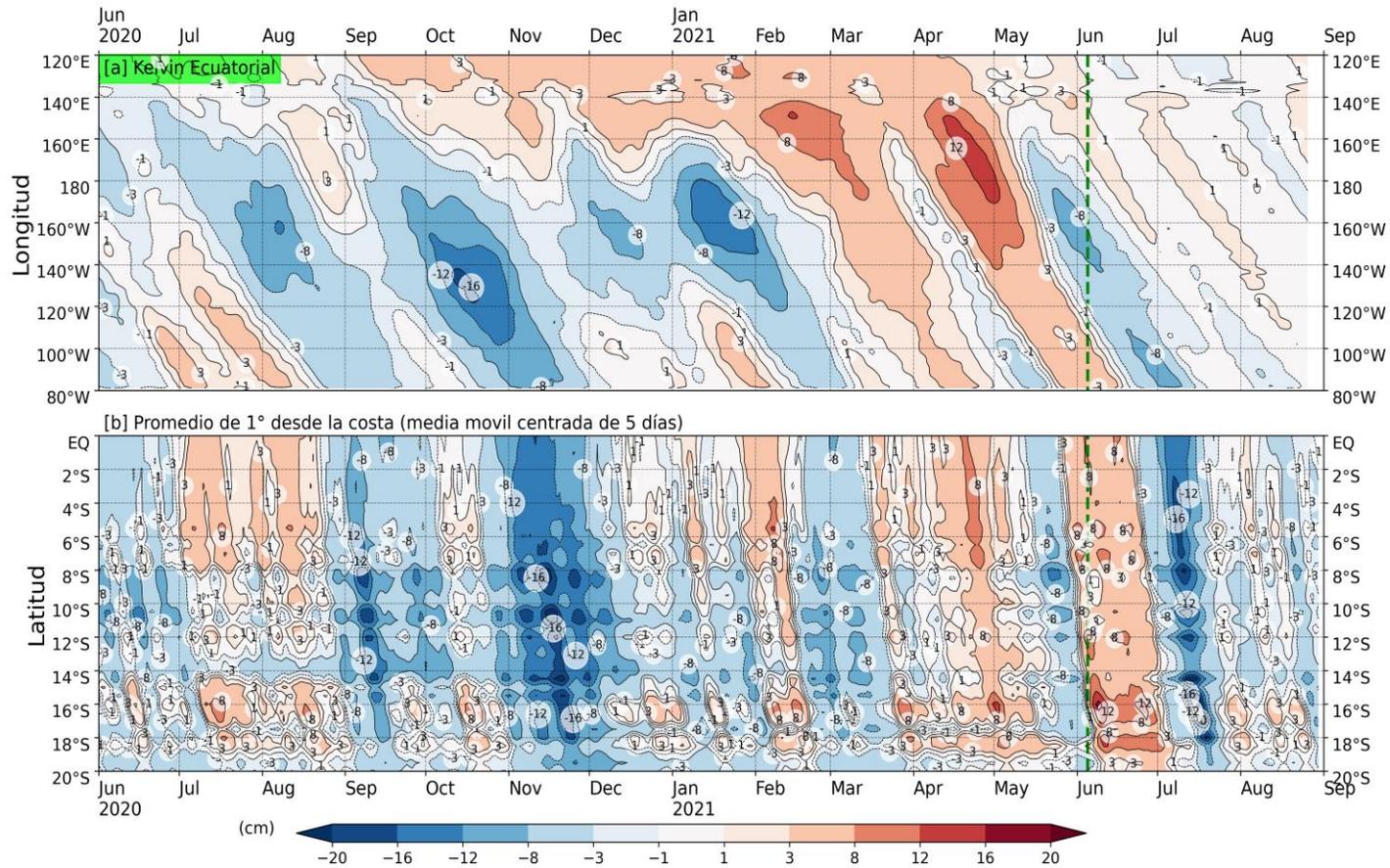


Figura 28: Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada BLENDED (Bentamy et al., 2016), Fuente: IGP.

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 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

