COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO"

INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N°01 **ENERO 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 Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Tony Anculle, Dante Espinoza y Cecilia Peña.
DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi y Renzo Adrianzen.
SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe, Glicerio Canchari, Andrés Rodríguez y Yury Escajadillo.
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)
Diseño de carátula: IMARPE

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente ENFEN.

Este documento se puede citar como:
Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), 2021.
Informe Técnico ENFEN. Año 7, N° 01, enero de 2021**, 53** p.

El Informe Técnico ENFEN de octubre de 2020 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web de las páginas electrónicas 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
enero 2021

PRESENTACIÓN

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.

Cordialmente,

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

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo…… ……..…..6

I. Introducción…… ……....8

II. Métodos…… ……9

III. Condiciones observadas ……....12

Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial…...……12

Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana...…..12

Condiciones oceanográficas en el mar peruano……..13

Impactos biológico-pesqueros…….14

Impactos hidrológicos……14

Impactos agrometeorológicos……..14

IV. Pronóstico……..15

V. Conclusiones y Recomendaciones ……15

VI. Referencias……...16

VII. Tablas…….19

VIII. Figuras……25

Anexos

1. Variables utilizadas

RESUMEN EJECUTIVO

En enero de 2021, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) continuaron las condiciones frías como parte del desarrollo de La Niña, con anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) de −1,1 °C. Asimismo, en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, la anomalía fue negativa, con -0,8 °C. En niveles bajos de la tropósfera sobre el Pacífico ecuatorial, predominaron vientos anómalos del este sobre la región central y occidental, y vientos anómalos del oeste sobre el Pacífico oriental; estos últimos incidieron sobre el territorio peruano. En niveles altos de la tropósfera, entre los 180° W y los 120° W, predominaron anomalías de vientos del oeste; mientras que, entre los 110°W y los 085°W, vientos anómalos del este. Las anomalías de viento del oeste en la zona oriental del Pacífico ecuatorial y cercano a la costa habrían intensificado dos ondas Kelvin cálidas, cuya presencia se manifestó en el extremo oriental a fines de enero. Además, se identificó la propagación de otro paquete de ondas Kelvin frías, el cual según la información del nivel del mar y de modelos numéricos, alcanzó los 135° W a fines de mes. A escala regional, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se mantuvo, en promedio, al suroeste de su posición habitual con una configuración zonal, lo que favoreció a la persistencia de los alisios sobre el Pacífico central, pero además propició el debilitamiento de los vientos del sur próximos al litoral, principalmente en la región centro y sur. En la última semana de enero, los vientos del sur se incrementaron frente a la costa norte. En el litoral, al sur de Tumbes las condiciones se mantuvieron frías y alcanzaron anomalías mensuales de TSM de hasta −1,6 °C en Chimbote y San Juan de Marcona. En la última semana de enero, en el norte la TSM aumentó hasta registrar anomalías de +4 °C. En cuanto a las masas de agua, en la zona norte, se desplazaron hacia el sur las aguas tropicales superficiales (ATS) y las aguas ecuatoriales superficiales (AES), ambas cálidas y de baja salinidad, especialmente en la tercera semana del mes. Las aguas subtropicales superficiales (ASS), cálidas y salinas, mantuvieron una mayor aproximación a la costa en la zona central, mientras que las aguas costeras frías (ACF), propias del afloramiento costero, continuaron predominando desde el Callao hasta el extremo sur de la franja adyacente a la costa peruana. En la capa sub-superficial, las anomalías negativas subsuperficiales alcanzaron su mayor intensidad dentro de la primera quincena del mes, registrando núcleos de −3 °C sobre los primeros 50 m de profundidad y dentro de las 100 millas náuticas adyacentes a la costa norte; luego las anomalías negativas tendieron a disminuir. La concentración de clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) varió en un rango promedio entre 3 y 10 µg L^{-1}, a lo largo de la franja adyacente a la costa, alcanzando valores de 20 µg L^{-1} entre Callao y Pisco, dentro de las 40 millas náuticas. Esto se reflejó en anomalías positivas a lo largo de la mayor parte de la franja (+4 µg L^{-1}), con un incremento del área productiva respecto a diciembre 2020. En el aspecto biológico-pesquero, la anchoveta mantuvo una amplia distribución desde la bahía de Sechura hasta San Juan de Marcona, con predominancia de adultos al norte de Chimbote y dentro de las 70 millas náuticas; mientras que, los juveniles predominaron desde Huacho hasta Bahía Independencia dentro de las 30 millas náuticas. Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron la intensificación del proceso reproductivo, señalando el periodo secundario de desove. El jurel y la caballa estuvieron disponibles para la flota artesanal e industrial, principalmente dentro de las 60 millas náuticas en la región norte y centro. En el aspecto hidrológico, la mayoría de los ríos del país mostraron caudales significativamente sobre lo normal, debido a las altas precipitaciones, principalmente en los ríos de la costa norte y centro. Sin embargo, en la región del Altiplano, el río Huacané presentó caudales por debajo de lo normal. Los volúmenes de agua de los principales embalses se incrementaron, principalmente los ubicados en el sur del país.

Las represas de Poechos y San Lorenzo, de la costa norte, mostraron una ligera disminución a partir de la segunda quincena. En los aspectos agrometeorológicos, en valles productores de mango de Piura y Lambayeque, la prevalencia de temperaturas diurnas de normales a ligeramente cálidas y las nocturnas dentro de su variabilidad normal propiciaron la fructificación y maduración de los mangos Kent y Edward. En las zonas arroceras de Piura y Lambayeque, las plantaciones de arroz presentaron buen desarrollo vegetativo gracias a la prevalencia de temperaturas ligeramente frías a normales. En la costa sur, específicamente en la localidad de La Yarada (Tacna), las condiciones térmicas diurnas y nocturnas, ambas ligeramente frías, favorecieron la fructificación del olivo.

Se espera que la magnitud de La Niña en el Pacífico central cambie a una condición débil desde febrero y se mantenga así hasta mediados del otoño de 2021. Las condiciones de La Niña en el Pacífico central aún podrían contribuir a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en la sierra central y sur, así como en algunos sectores de la selva en lo que resta del verano. Para la región Niño 1+2, se espera la llegada de ondas Kelvin frías hasta marzo. Sin embargo, de persistir las anomalías del oeste en el Pacífico oriental, estas podrían debilitar el efecto de las ondas frías y/o fortalecer las ondas Kelvin cálidas débiles provenientes del Pacífico occidental. Ello, sumado a la variabilidad de las condiciones locales propias del verano, continuaría propiciando el debilitamiento de las ligeras anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa peruana, sin descartar la ocurrencia de episodios cálidos y lluviosos localizados en la costa norte, que normalmente se dan en el verano. Para el período entre febrero y mayo de 2021, se estima que en la región Niño 1+2 la probabilidad de condiciones neutras variará entre 76 % y 80 %, mientras que la probabilidad de condiciones cálidas aumentaría de 9 a 15 % en mayo. Para el Pacífico central, se estima una mayor probabilidad de condiciones frías débiles, variando de 69 % en febrero a 51 % en mayo, con un aumento progresivo de la probabilidad de las condiciones neutras de 11 % en febrero a 43 % en mayo.

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

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.

1.1. 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° x 0,05 ° (1/20°), 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° x 0,25° (1/4°).

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 cuadriculados en cada sensor. OSTIA utiliza datos satelitales proporcionados por el proyecto GHRSST 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°, así como las anomalías de la TSM a 1/4°.

1.2. 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.

1.3. 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 re-análisis NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WindSAT (Wentzet 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 et al. 2008) y GODAS (Behringer et al. 2004). El MOMM es forzado con tres fuentes de datos: 1) vientos del re-análisis 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 y 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 del período de lluvias (diciembre a marzo) 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 las distintas categorías de El Niño y La Niña (ENFEN, 2015).

III. CONDICIONES OBSERVADAS EN ENERO DE 2021

Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) continuaron las condiciones frías, como parte del desarrollo de La Niña, con anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) de −1,1 °C para enero (Figura 1). Por otro lado, en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, en promedio las condiciones frías aún predominaron, con una anomalía mensual de −0,8 °C, a pesar que las anomalías negativas disminuyeron en cobertura espacial (Figura 2, Tabla 1). A nivel subsuperficial las anomalías negativas aumentaron durante la segunda quincena en la región central y alcanzaron valores de hasta -4 °C sobre los 150 m de profundidad (Figura 3).

El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de diciembre 2020 y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para enero de 2021 se mantuvieron con valores negativos dentro de las condiciones neutras (Figura 4). Por su parte, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para diciembre y el ONI temporal (ONI-tmp) para enero continuaron dentro del rango de condiciones frías moderadas y frías débiles, respectivamente (Tabla 2). Hay que recordar que los valores del ICEN caracterizan la región centro y norte del mar peruano, mientras que los del ONI, la región del Pacífico central.

Sobre el Pacífico ecuatorial, en niveles altos de la troposfera (200 hPa), entre los 180° y los 120° W, predominaron anomalías de viento zonal del oeste; mientras que, entre los 110°W y los 85°W, vientos anómalos del este. Por otro lado, en niveles bajos de la troposfera (850 hPa), se observaron dos patrones claramente diferenciados; en el primero intensos vientos anómalos del este sobre el Pacífico central occidental y en el segundo, vientos anómalos del oeste sobre el Pacífico oriental, estos ultimas incidiendo sobre el territorio peruano (Figuras 5 y 6). Sobre el ecuador, la convección se intensificó entre los 080°W y los 060°W; mientras que el patrón de subsidencia continuó persistente al oeste de la línea de cambio de fecha (180°), aunque con menor intensidad respecto al mes diciembre (Figura 6).

Las anomalías de viento superficial del oeste en la zona oriental del Pacífico durante enero habrían intensificado dos ondas Kelvin cálidas, formadas por la reflexión de una onda Rossby cálida en el extremo occidental del Pacífico. La presencia de estas ondas en el extremo oriental se ha hecho más evidente a fines de enero. Además, se observa la presencia de otro paquete de ondas Kelvin frías, las cuales se formaron con pulsos de viento del este durante la quincena del mes de enero en el Pacífico central. Este paquete, según la información del nivel del mar y de los modelos numéricos, alcanzó los 140° W a fines de mes (Figura 7).

Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) durante el mes de enero se mantuvo, en promedio, al suroeste de su posición habitual con una configuración zonal, lo que favoreció a la persistencia de los alisios sobre el Pacífico central (Figura 8). Esta configuración, además, propició el debilitamiento de los vientos del sur que están próximos al litoral; principalmente frente a la costa central y sur. Sin embargo, en la última semana de enero, los vientos del sur se incrementaron significativamente a lo largo del litoral, principalmente frente a la costa norte (Figura 9).

En cuanto a las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) a lo largo de la costa peruana, en promedio la temperatura máxima presentó valores cercanos a su climatología, a excepción de las estaciones Chusis (Piura) y Fonagro (Ica), que presentaron anomalías de +1,12 °C y −1,35 °C, respectivamente. Las temperaturas mínimas se mantuvieron con anomalías negativas en gran parte del litoral peruano, y alcanzaron valores de hasta −1,27 °C en la estación Lambayeque (Lambayeque), −1,37 °C en la estación Campo de Marte (Lima) y −1,44 °C en la estación La Yarada (Tacna) (Figura 10).

Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano

El nivel del mar mostró una tendencia ascendente en el norte y centro del litoral peruano, durante la última semana de enero. En la franja de las 60 millas náuticas adyacentes a la costa peruana, el incremento del nivel del mar fue significativo, con una máxima intensidad al norte de Paita, que se extendió hasta Chimbote, a fines de enero (Figura 11).

En el litoral, al sur de Tumbes las condiciones se mantuvieron frías con anomalías mensuales de TSM de hasta −1,6 °C en Chimbote y San Juan de Marcona (Tabla 3), excepto en la última semana del mes, en que las anomalías diarias cambiaron a positivas, hasta +4,4 °C, entre Talara y Lobos de Afuera (Figuras 12 y 13). Frente a la costa peruana, al norte de los 05°S, durante la segunda quincena de enero la TSM presentó una transición de anomalías negativas a anomalías positivas con valores de hasta +1 °C (Figura 13). Entre Punta Falsa e Ilo, en la franja de las 50 millas náuticas adyacente a la costa, las anomalías negativas aumentaron respecto a diciembre, con valores de −1,5 °C, en promedio (Tabla 3).

En cuanto a las masas de agua, en la zona norte, a inicios de enero y desde la tercera semana de enero, se detectó el desplazamiento hacia el sur de ATS y AES, ambas cálidas y de baja salinidad. Las ASS, cálidas y salinas, mantuvieron una mayor aproximación a la costa en la zona central a fines de enero, mientras que las aguas costeras frías, propias del afloramiento costero, predominaron desde Callao hasta el extremo sur de la franja adyacente a la costa peruana, comportamiento similar al mes de diciembre (Figura 14).

En el extremo oriental de la franja ecuatorial, en la zona entre las 400 y 500 millas náuticas del Golfo de Guayaquil, sobre los 70 m de profundidad y durante la primera quincena de enero la anomalía promedio fue de –2 °C; sin embargo, en las siguientes semanas las anomalías cayeron y cambiaron a positivas hasta +0,5 °C, sobre los 20 m de profundidad. Asimismo, en la capa sub-superficial entre las 150 y 250 millas frente a la costa norte del Perú, las anomalías negativas se debilitaron por sobre los 60 m de profundidad en la segunda quincena (Figura 15, 16). Dentro de las 100 millas náuticas adyacentes a la costa norte, las anomalías negativas fueron mayores en la primera semana, registrando núcleos de −3 °C dentro de los primeros 50 m de profundidad, asociado al paquete de ondas Kelvin frías; posteriormente las anomalías negativas disminuyeron en magnitud (Figura 17).

La concentración de clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) varió en un rango promedio entre 3 y 10 µg L^{-1} a lo largo de la franja adyacente a la costa en enero, aunque alcanzó valores de 20 µg L^{-1} entre Callao y Pisco, dentro de las 40 millas náuticas. Esto representó un incremento del área productiva respecto a diciembre 2020. Las anomalías superaron los +4 µg L^{-1} a lo largo de la costa, a excepción del área entre Huacho y Callao, donde se observaron anomalías negativas (−2 µg L^{-1}). Esta alta productividad estaría influenciada por una mayor insolación y los procesos de afloramiento (Figura 18).

Impactos biológico-pesqueros

La anchoveta, debido a la continuidad de las condiciones frías, mantuvo una amplia distribución desde la bahía de Sechura hasta San Juan de Marcona, con la presencia de ejemplares principalmente adultos al norte de Chimbote y dentro de las 70 millas náuticas; mientras que, hubo mayor incidencia de juveniles desde Huacho hasta Bahía Independencia dentro de las 30 millas náuticas (Tabla 4, Figura 19). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del *stock* norte-centro mostraron la intensificación del proceso reproductivo, encontrándose el recurso en su periodo secundario de desove. El contenido graso disminuyó, debido al mayor gasto energético de los procesos de maduración gonadal y desove (Figura 20).

Las especies transzonales como jurel y caballa estuvieron disponibles para la flota artesanal e industrial, principalmente dentro de las 60 millas náuticas en la región norte y centro, posiblemente asociadas a los frentes oceánicos (Figura 21). La presencia de la múnida o camaroncito rojo, indicador de aguas frías, se mantuvo en la franja costera, asociada a la distribución de la anchoveta. El calamar gigante o pota se distribuyó desde Punta La Negra a Bahía Independencia, entre 30 y 100 millas náuticas, con la mayor concentración frente a Pimentel (Figura 22); mientras que, la merluza presentó dos núcleos de concentración: uno frente a Talara y otro frente a Paita (Figura 23).

Impactos hidrológicos

En el mes de enero la mayoría de los ríos del país mostraron caudales sobre lo normal de forma significativa, debido a las altas precipitaciones, principalmente en los ríos de la costa norte y central. En la región del Altiplano el río Huacané tuvo caudales por debajo de lo normal, siendo esta una tendencia desde el mes de noviembre del 2020 (Figura 24).

En cuanto a los volúmenes de agua almacenados en los principales embalses, estos se incrementaron a nivel nacional de forma muy notoria, principalmente los ubicados en el sur del país. Las represas de Poechos y San Lorenzo, que se ubican en la costa norte, mostraron una ligera tendencia al descenso a partir de la segunda mitad del mes de enero (Figura 25 y Tabla 5).

Impactos agrometeorológicos

En la costa norte, en los valles de San Lorenzo y Alto Piura (región Piura); Olmos, Motupe y Jayanca (Lambayeque), la prevalencia de temperaturas diurnas de normales a ligeramente cálidas y las nocturnas dentro de su variabilidad climática propiciaron la fructificación y maduración del mango Kent y Edward. En las zonas arroceras como Partidor (Piura), Chancay-Lambayeque, Jequetepeque y La Leche, se reportaron plantaciones de arroz en buen estado de desarrollo vegetativo gracias a la prevalencia de temperaturas del aire de ligeramente frías a normales. En la costa sur, específicamente en la localidad de La Yarada (Tacna), las condiciones térmicas diurnas y nocturnas, ambas ligeramente frías, favorecieron la fructificación del olivo (Tabla 6).

IV. PRONÓSTICO

Considerando la tendencia de las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central y el patrón de la evolución de La Niña, en adición a los pronósticos de los modelos climáticos internacionales y con el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se espera que la magnitud de La Niña en el Pacífico central cambie a una condición débil y se mantenga hasta mediados del otoño de 2021 (Tablas 7 y 8).

Para la región Niño 1+2 (frente a la costa norte y centro del Perú), se espera la llegada de ondas Kelvin frías hasta marzo (Figuras 26-28). Sin embargo, de persistir las anomalías del oeste en el Pacífico oriental, estas podrían debilitar el efecto de las ondas frías y/o fortalecer las ondas Kelvin cálidas débiles provenientes del Pacífico occidental. Ello, sumado a la variabilidad de las condiciones locales propias del verano, continuaría propiciando el debilitamiento de las ligeras anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa peruana hasta inicios de otoño, sin descartar la ocurrencia de episodios cálidos y lluviosos localizados en la costa norte, que normalmente se dan en el verano.

De acuerdo con el análisis descrito, se presentan cuadros de pronóstico probabilístico de juicio experto de las condiciones mensuales de la TSM entre febrero y mayo de 2021. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras entre febrero y mayo, variando de 76 % a 80 % durante el período. En paralelo, la probabilidad de las condiciones frías débiles se reduciría de 16 % a 6 %, mientras que la probabilidad de condiciones cálidas aumentaría de 9 a 15 % en mayo (Tabla 9). Para el Pacífico central, se estima una mayor probabilidad de condiciones frías débiles, variando de 69 % en febrero a 51 % en mayo, con un aumento progresivo de la probabilidad de las condiciones neutras de 11 a 43 % en mayo (Tabla 10).

Se espera que La Niña en el Pacífico central, que alcanzó en noviembre su máxima intensidad (moderada) y se ha debilitado desde entonces, continuaría con magnitud débil hasta el otoño; sin embargo, aún podría contribuir a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en la sierra central y sur, así como en algunos sectores de la selva en lo que resta del verano (SENAMHI, 2021).

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 en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, se mantendría dentro de su rango normal al menos hasta mayo 2021.

Por su parte, La Niña en el Pacífico central, que alcanzó en noviembre su máxima intensidad (moderada), se ha debilitado desde entonces y continuaría con magnitud débil hasta el otoño; sin embargo, aún podría contribuir a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en la sierra central y sur, así como en algunos sectores de la selva en lo que resta del verano.

La Comisión Multisectorial recomienda evaluar los correspondientes escenarios de riesgo que puedan afectar la vida de los pobladores y las infraestructuras.

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. Publisher's official version: 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.

Boulanger, 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

Carrasco V. R. 2016. Relación entre las temperaturas y el rendimiento del olivo (Olea auropaea) en la zona de Lanchas – Pisco. Tesis para obtener el título de Maestro. Maestría en Producción Agrícola en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 75 pp.

Carton, J. A., and B. S. Giese (2008), A reanalysis of ocean climate using Simple Ocean Data Assimilation (SODA), Mon. Weather Rev., 136, 2999– 3017.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. Geoph. Res. Lett., vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-94. Journal of Physical Oceanography, 29(7), 1542–1570. https://doi.org/10.1175/1520-0485 (1999) 029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2

Du Preez J. 2013. The use of temperature data in mango production (*Mangifera indica*). Subtrop Quarterly Journal, 2, 79-81.

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, 2020 a. Comunicado Oficial ENFEN, N°.10-2020, 04 de setiembre de 2020.

ENFEN, 2020 b. Comunicado Oficial ENFEN, N°.11-2020, 18 de setiembre de 2020.

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 febrero – abril 2021. Informe técnico N°01-2021/ SENAMHI-DMA-SPC. https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-4.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.

Trenberth, K. 1997. The Definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (12): 2771 – 2777.

Tsutomu M., K. Omasa y T. Horie. 2001. The Difference in Sterility due to High Temperatures during the Flowering Period among Japonica-Rice Varieties, Plant Production Science, 4:2, 90-93, DOI: 10.1626/pps.4.90.

Urbina, B. y K. Mosquera, 2020. Implementación y validación de un modelo océanico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 Nº 01, pág. 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.

Whiley, A. W., T. S. Rasmussen, J. B. Saranah y B. N. Wolstenholme 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (Mangufera indica L.) cultivars, Journal of Horticultural science, 64:6, 753-765, DOI: 10,1080/14620316.1989.11516018.

VI. TABLAS

Tabla 1. Valores promedio de la TSM y sus anomalías en las regiones El Niño en el Pacífico durante los últimos 7 meses. Fuente: DIHIDRONAV.

TSM - ATSM Mensual 2020 – Ene. 2021								
R. Niño	Niño 4		Niño 3.4		Niño 3		Niño 1+2	
Jul.	28,9	+0,1	26,9	-0,3	25,1	-0,5	20,5	-1,2
Ago.	28,5	-0,2	26,2	-0,6	24,5	-0,6	19,8	-1,0
Set.	28,3	-0,4	25,8	-1,0	23,6	-1,3	19,5	-0,9
Oct.	27,9	-0,8	25,3	-1,4	23,6	-1,3	19,6	-1,2
Nov.	27,9	-0,7	25,3	-1,3	23,8	-1,2	20,9	-0,7
Dic.	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

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

Valores del Índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN v5	Categoría	ONI	Categoría
feb-20	-0,15	Neutro	0,51	C. Débil
mar-20	0,10	Neutro	0,50	C. Débil
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	-0,83	Neutro	-1,32	Fría Moderada
dic-20	-0,88	Neutro	-1,19	Fría Moderada
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
ene-21	-0,85	Neutro	-0,98	Fría Débil
feb-21	-0,87	Neutro	-0,86	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
set-2020	0.7	-0.4	0.4	-1.3	-0.04	0.4	-1.1	0.3	-0.1	-0.7	-0.5
oct-20	0.8	-0.6	0	-0.8	-0.3	0.8	0.2	0.6	-0.3	0.8	-0.1
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

Tabla 4. Desembarque (t) de la anchoveta en la región norte – centro durante el mes de enero 2021. Fuente: IMARPE.

Especie/Flota/Región		Año Calendario (01 ene. Al 30 set. 2020)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	Fl. Acero	327 229,5	119 786,6	447 016,1	0	447 016,1	94,1
	Fl. Madera	18 367,5	6 971,2	25 338,7	0	25 338,7	5,3
Subtotal		345 597,0	126 757,8	472 354,8	0	472 354,8	99,5
%		73,2	26,8	100	0	100	
Sardina		0	0	0	0	0	0
Jurel		0	1 807,0	1 807,0	0	1 807,0	0,4
Caballa		20,7	610,7	631,4	0	631,4	0,1
Samasa		0	0	0	0	0	0
*Otros		0	0	0	0	0	0
Total		345 617,7	129 175,5	474 793,2	0	474 793,2	100
%		72,8	27,2	100	0	100	

Tabla 5. Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de enero 2021. Fuente: ANA.

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa - Norte	Poechos	PECHP	31-Ene	Piura	438.30	176.30	48.10
Costa - Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	31-Ene	Piura	195.60	178.50	45.60
Costa - Norte	Tinajones	PEOT	31-Ene	Lambayeque	285.90	232.90	81.50
Costa - Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	31-Ene	La Libertad	366.60	176.30	48.10
Costa - Centro	Viconga	STATKRAFT PERU S.A.	31-Ene	Lima	30.00	12.90	43.00
Costa - Centro	Ccaracocha	PETACC	31-Ene	Ica	40.00	28.00	70.00
Costa - Centro	Choclococha	PETACC	31-Ene	Ica	131.10	88.80	67.70
Costa - Sur	Condoroma	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	259.00	190.90	73.70
Costa - Sur	Pañe	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	99.60	92.50	92.90
Costa - Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	9.10	6.40	70.30
Costa - Sur	Pillones	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	78.50	38.30	48.80
Costa - Sur	El Frayle	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	127.20	80.50	63.30
Costa - Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	31-Ene	Arequipa	30.40	20.60	67.80
Costa - Sur	Chalhuanca	EGASA	31-Ene	Arequipa	25.00	22.40	89.60
Costa - Sur	Bamputañe	EGASA	31-Ene	Arequipa	40.00	28.00	70.00
Costa - Sur	Pasto Grande	PERPG	31-Ene	Moquegua	200.00	168.70	84.40
Costa - Sur	Represa Paucarani	PET	31-Ene	Tacna	10.50	6.90	65.70
Costa - Sur	Represa Jarumas	PET	31-Ene	Tacna	12.50	12.50	100.00
Costa - Sur	Aricota	EGESUR	31-Ene	Tacna	280.00	211.70	75.60
Sierra - Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S.A.	31-Ene	Junín	441.00	201.90	45.80
Sierra - Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	31-Ene	Ayacucho	80.00	44.10	55.10
Sierra - Sur	Lagunillas	PELTC	31-Ene	Puno	585.10	435.50	74.40
Sierra - Sur	Sibinacocha	EGEMSA	31-Ene	Cusco	110.00	63.90	58.10
Situación Nacional					3875.4	2518.5	64.99

Tabla 6. Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de enero del 2021. Fuente: SENAMHI.

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLÓGICA	ESTADO	OBSERVACIONES
MANGO	Tumbes	Cañaveral	Criollo		Descanso	Bueno	Algunos campos finalizaron las labores de cosecha.
	Piura	Chulucanas	Edward		Descanso	Bueno	
	Piura	Bigote	Criollo		Maduración	Bueno	
	Lambayeque	Olmos	Edward		Fructificación/Maduración	Bueno	Las labores de cosecha se iniciaron a mediados de enero.
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Fructificación/Maduración	Bueno	
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Fructificación/Maduración	Bueno	
	Ica	palpa	Criollo		Maduración	Bueno	Se realizó las labores de cosecha
	Ica	Huallpoca	Criollo		Maduración	Bueno	Se realizó labores de riego
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43				
	Piura	Partidor	Mallares	18/01/2021	Emergencia	Bueno	
	Piura	Morropon	Mallares				
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	12/07/2020	Maduración Córnea	Bueno	
	Lambayeque	Talla	El Valor	18/12/2020	Plántula	Bueno	Siembra directa
	Lambayeque	Puchaca	El Valor	04/01/2021	Plántula	Bueno	Abonamiento foliar (urea y fosfato)
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43	31/12/2020	Emergencia	Bueno	Se realizó el abonamiento al suelo, fumigación y riego
	Arequipa	Aplao	Tinajones	02/11/2020	Macollaje	Bueno	Se realizó el abonamiento al suelo
	Arequipa	La Haciendita	ir-43	12/10/2020	Elongación de tallo	Bueno	
	Arequipa	Camana	ir-43	27/11/2020	Elongación de tallo	Bueno	Se realizó el abonamiento al suelo
	Arequipa	Hacienda Pampata	ir-43	27/11/2020	Macollaje	Bueno	
	Arequipa	La Pascana	Tinajones	17/12/2020	Macollaje	Bueno	Riego
	Arequipa	Ocoña	ir-43	09/11/2020	Panoja	Bueno	Riego
OLIVO	Moquegua	Ilo	Sevillana				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Fructificación	Bueno	

Tabla 7. 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.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		-0,67	-0,48	-0,48	-0,61	-0,80	-0,96	-1,07
CanCM4i		-0,71	-0,45	-0,27	-0,08	0,07	0,10	-0,02
GEM_NEMO		-1,08	-1,05	-0,96	-0,81	-0,73	-0,69	-0,67
GFDL_SPEARE		-0,74	-0,54	-0,42	-0,30	-0,22	-0,19	-0,22
NASA		-1,15	-1,50	-1,97	-2,23	-2,19	-2,03	-1,94
NCAR_CCSM4		-0,79	-0,69	-0,70	-0,80	-1,04	-1,39	-1,71
NMME		-0,86	-0,79	-0,80	-0,81	-0,82	-0,86	-0,94
ONItmp	-0,98							

Tabla 8. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP.

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2		-0,71	-0,70	-0,86	-0,82	-0,68	-0,52	-0,45
CanCM4i		-0,64	-0,39	-0,24	0,06	0,27	0,33	0,21
GEM_NEMO		-0,55	-0,39	-0,35	-0,30	-0,27	-0,43	-0,55
GFDL_SPEARE		-1,00	-1,07	-0,98	-0,74	-0,46	-0,34	-0,32
NASA		-1,18	-1,86	-2,45	-2,67	-2,29	-1,83	-1,40
NCAR_CCSM4		-1,15	-0,98	-0,68	-0,45	-0,54	-0,78	-1,07
NMME		-0,87	-0,90	-0,93	-0,82	-0,66	-0,60	-0,60
ICENtmp	-0,85							

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) entre febrero y mayo 2021.

Pacífico oriental	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	15	10	6	6
Neutro	76	76	80	79
Cálida débil	9	13	13	14
Cálida moderado	0	1	1	1
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 10. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre febrero y mayo 2021.

Pacífico central	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	20	13	10	4
Fría débil	69	67	60	51
Neutro	11	20	29	43
Cálida débil	0	0	1	2
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

VII. FIGURAS

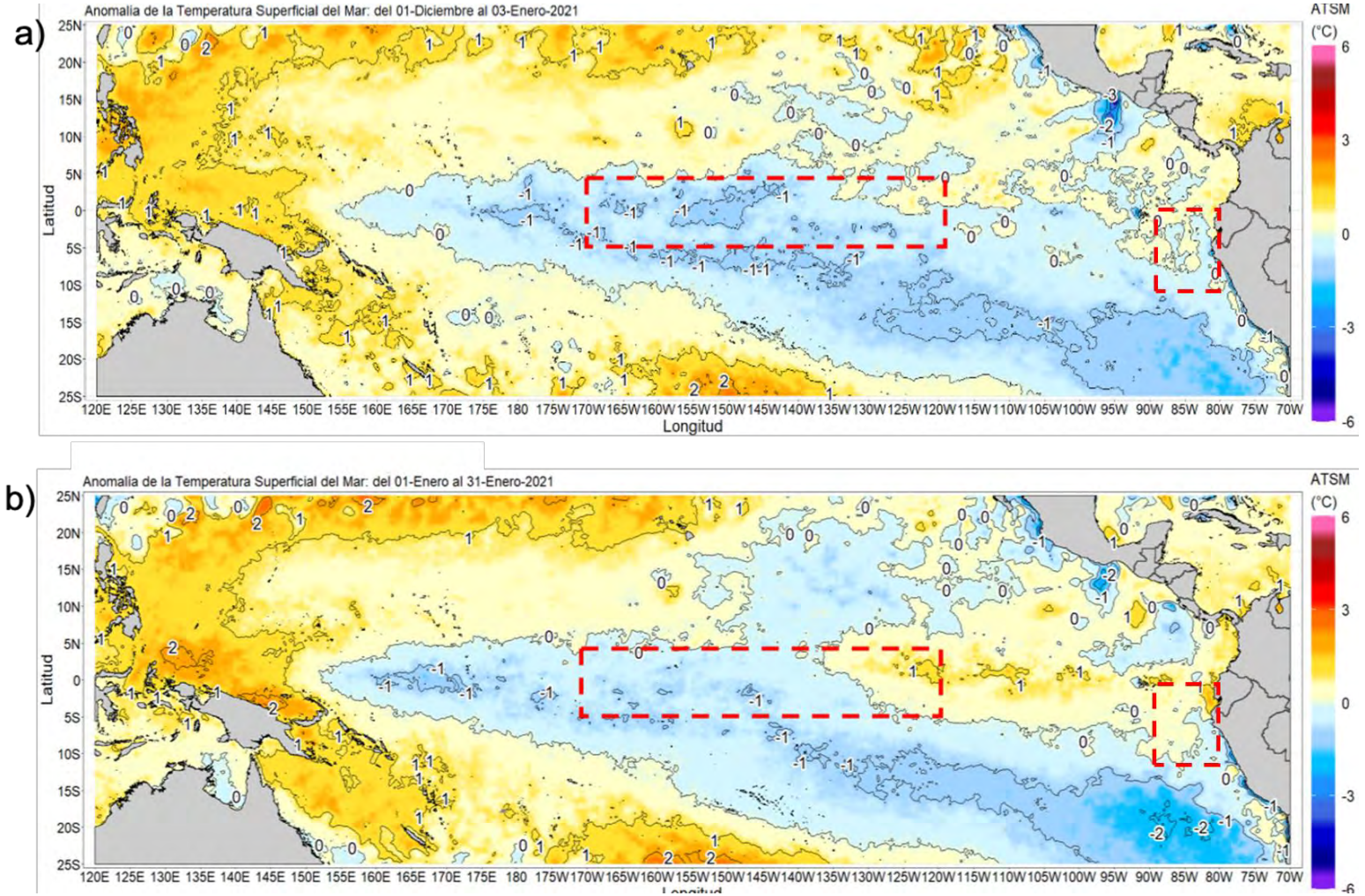


Figura 1. Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante diciembre 2020 (a) y enero 2021 (b). Las regiones El Niño 3.4 y El Niño 1+2 están delimitadas con los recuadros rojos. Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

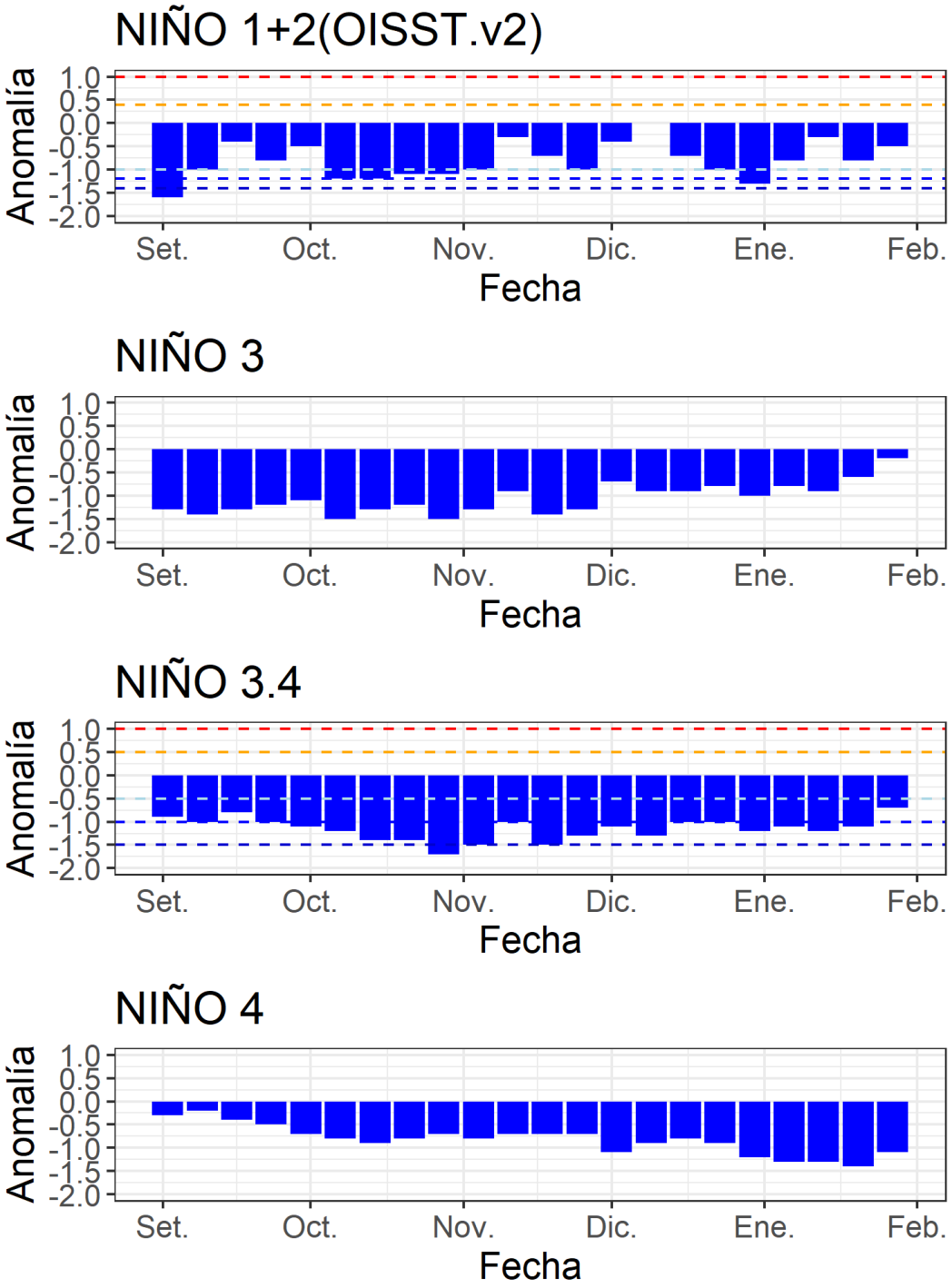


Figura 2. Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, de setiembre 2020 a enero del 2021. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV.

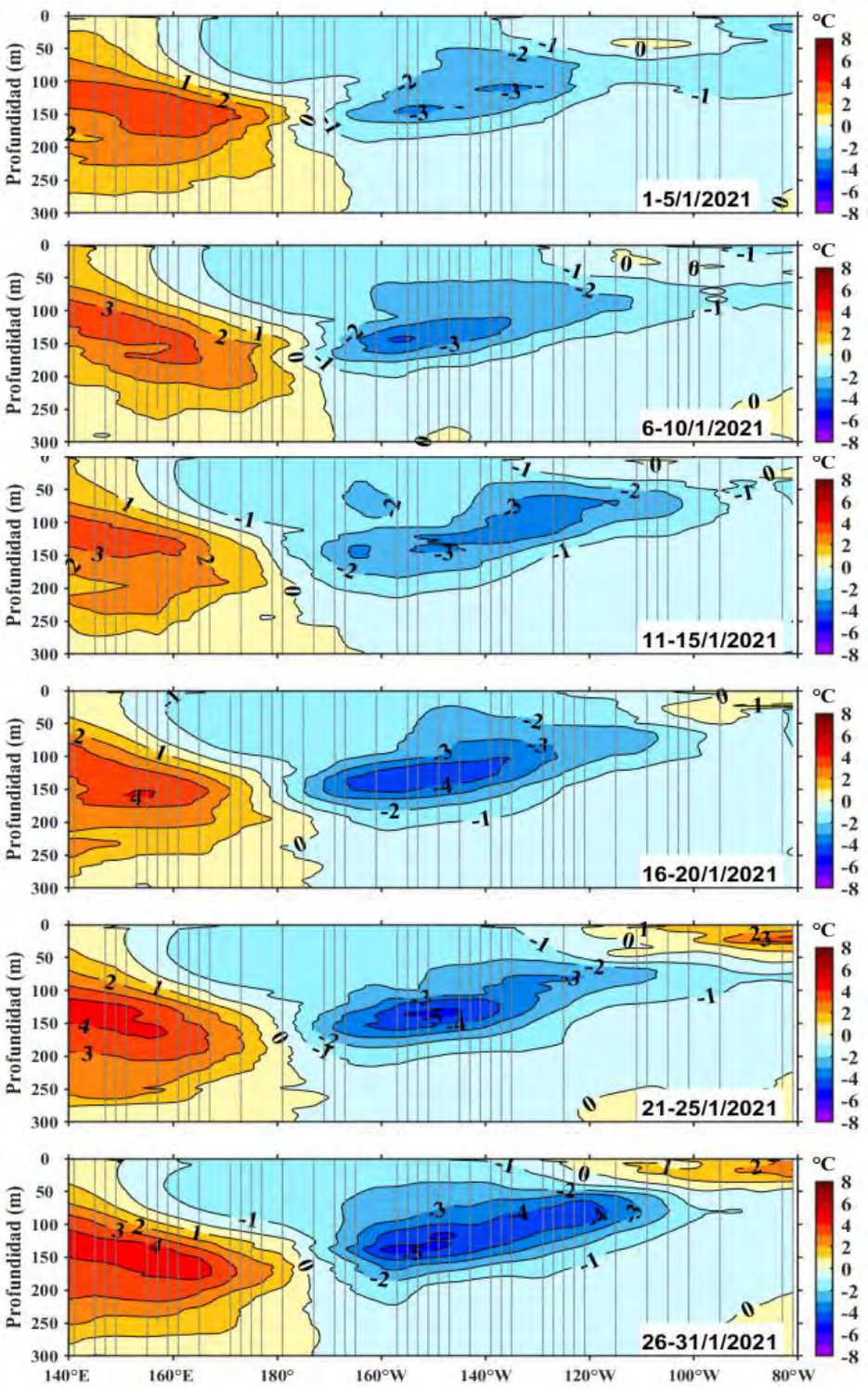


Figura 3. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico Ecuatorial (2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante enero de 2021 (las fechas indican el último día, los contornos están separados a 1°C). Periodo base: 1981-2010. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Adaptado: PMEL/NOAA.

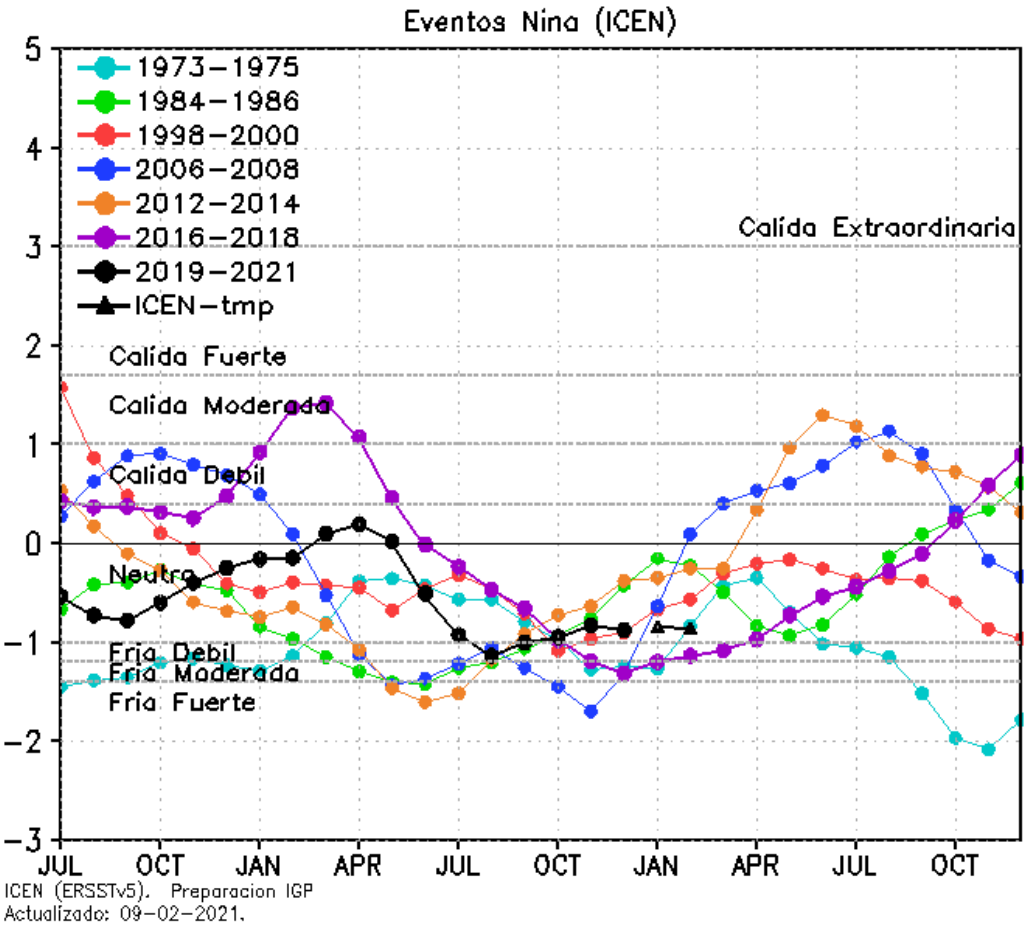
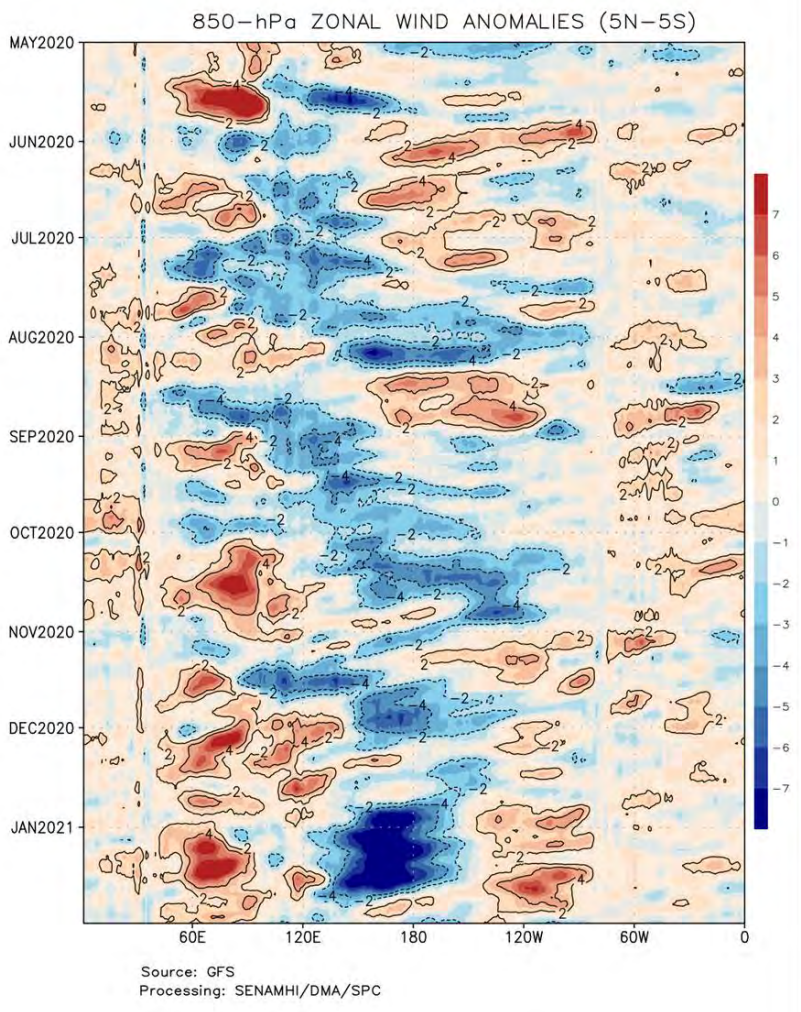


Figura 4. Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (verde), 1984-1986 (rojo), 1998-2000 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.

a)



b)

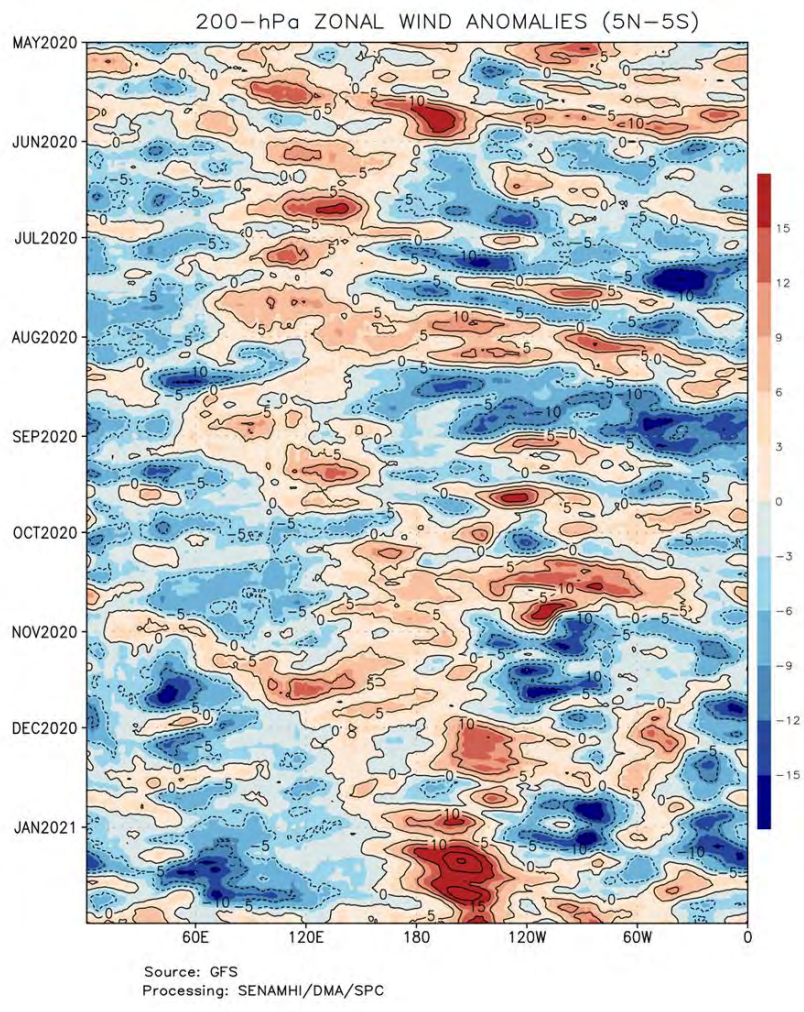


Figura 5. Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (b) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo 2020 a enero 2021. Procesamiento: SENAMHI.

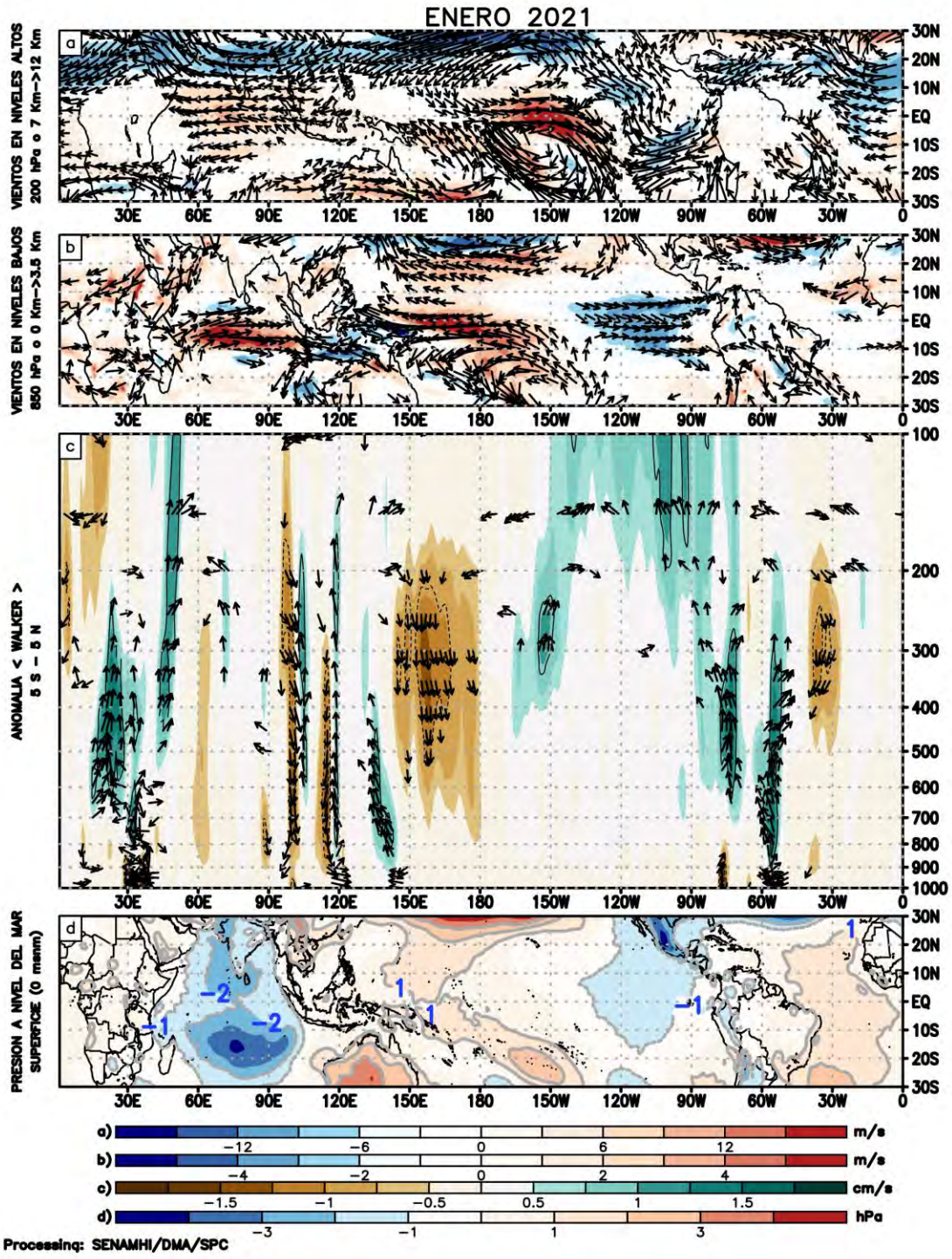


Figura 6. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de enero del 2021. (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de diciembre de 2020. (d) Anomalías de presión a nivel del mar; a), b) y d) expresado en valores de desviación estándar. Fuente: SPC/SENAMHI.

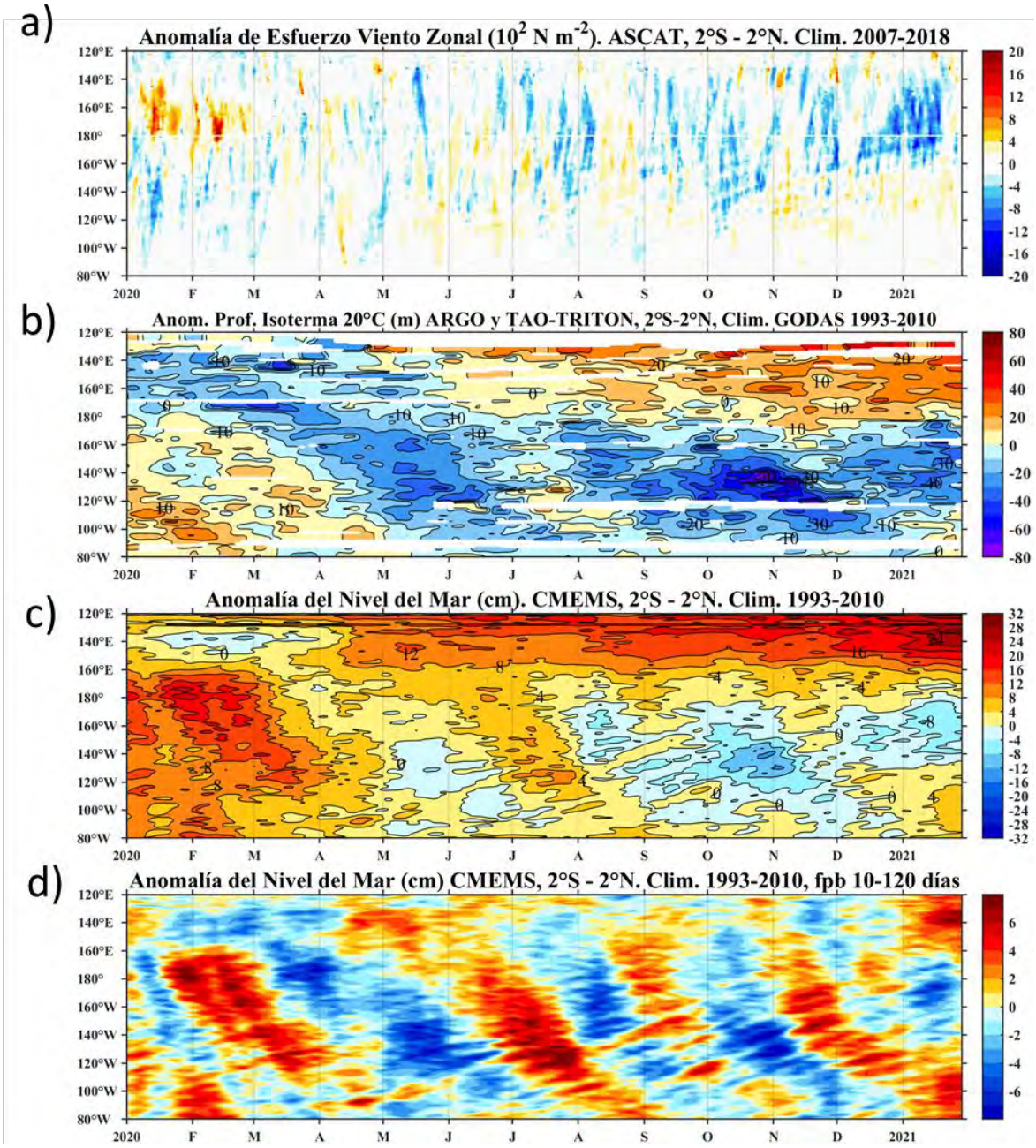


Figura 7. Diagrama Hovmöller de a) Anomalía del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalía del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa banda de 10 - 120 días, fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2010; ambos en el Pacifico ecuatorial (140°W-80°W y 2°N-2°S). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

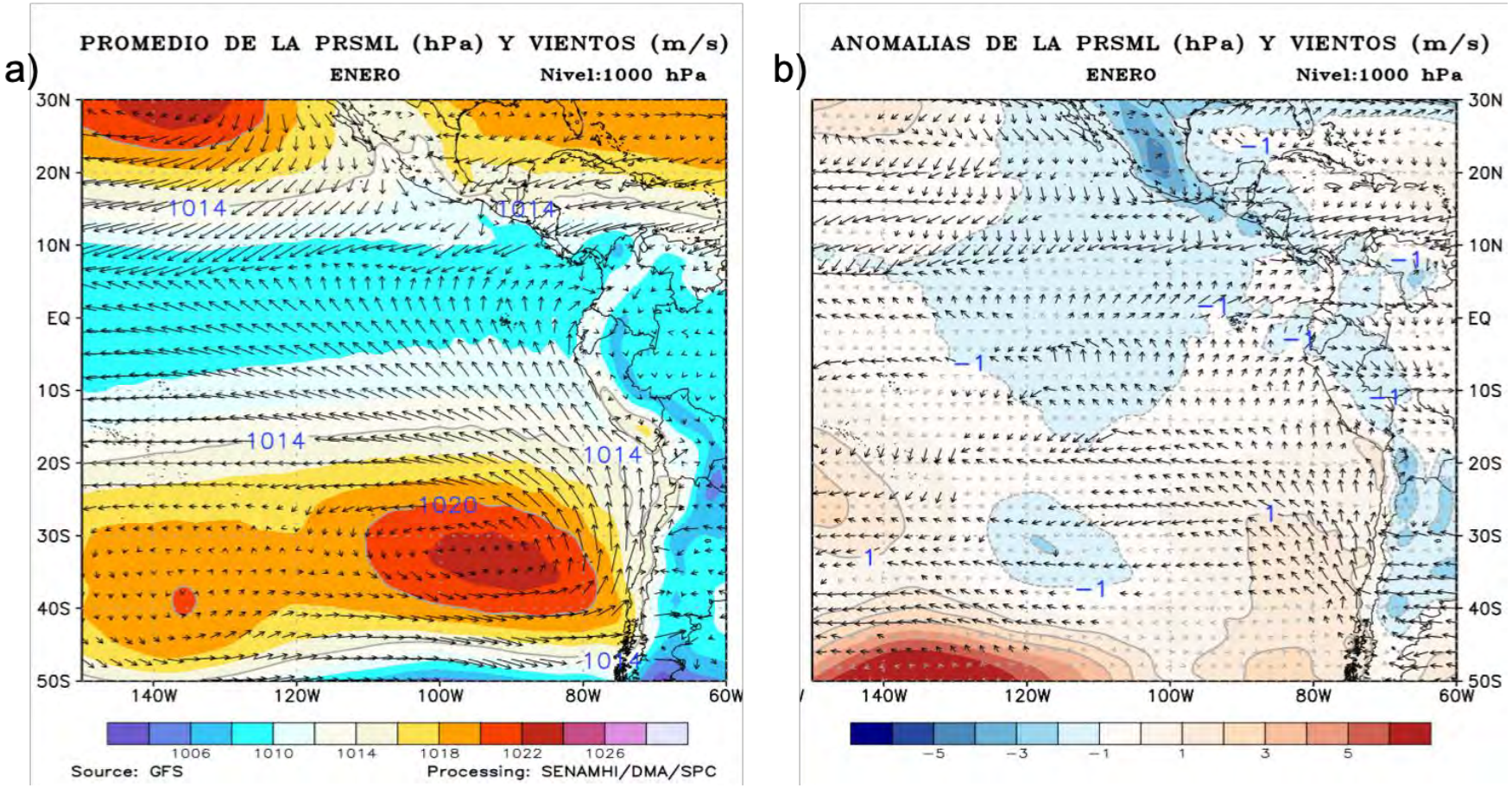


Figura 8. Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para enero 2021. Procesamiento: SENAMHI.

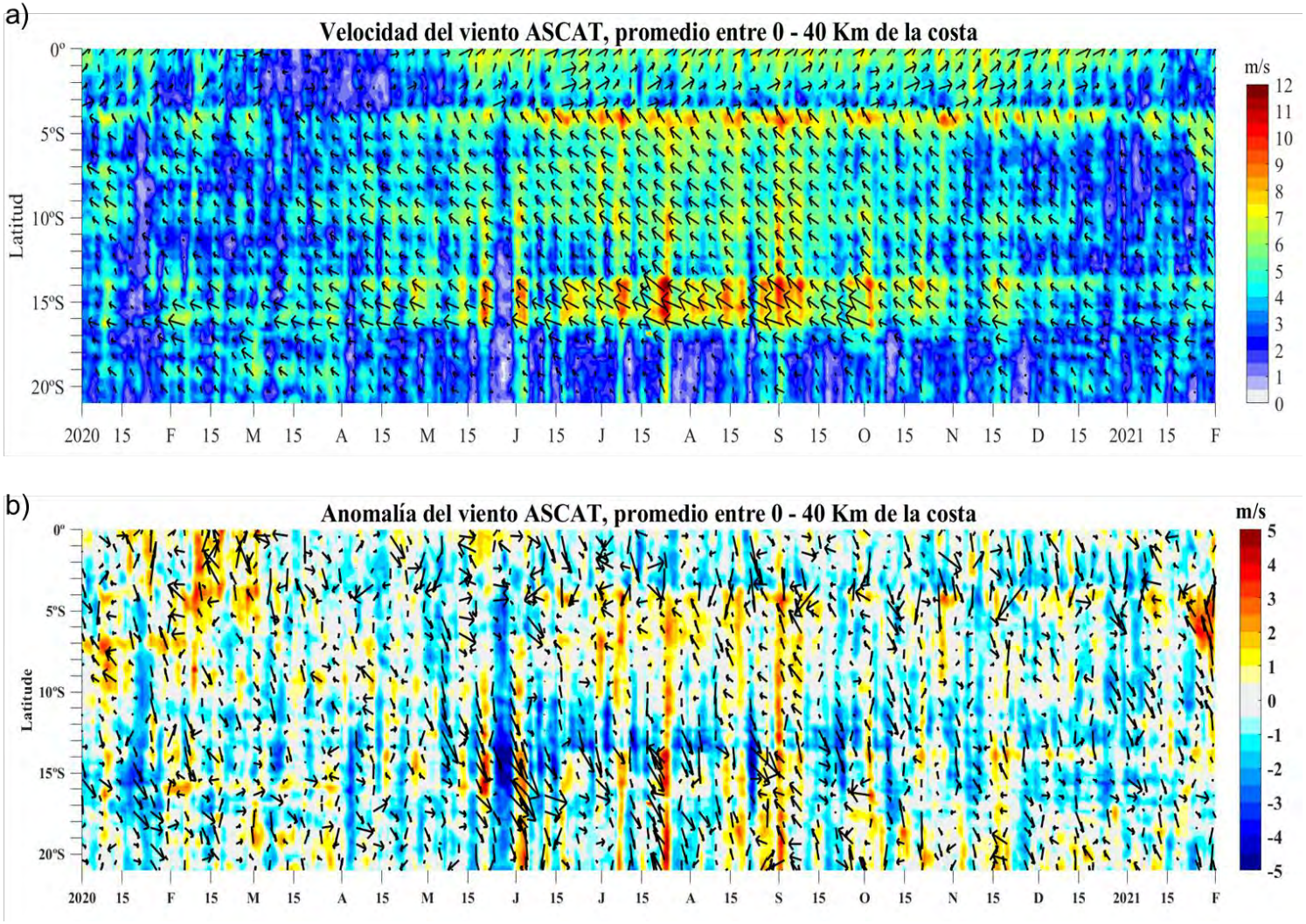


Figura 9. a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 31 de enero 2021. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

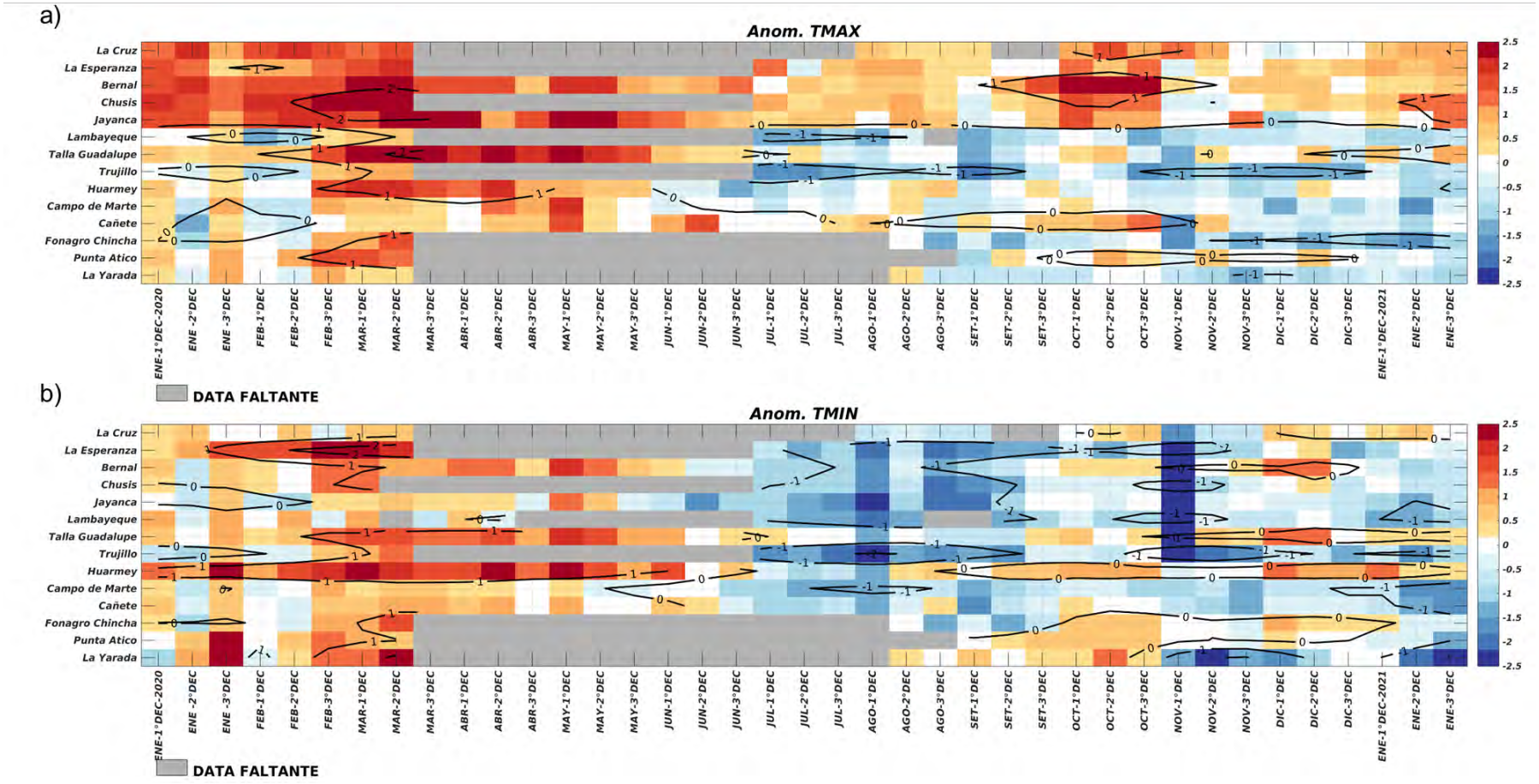
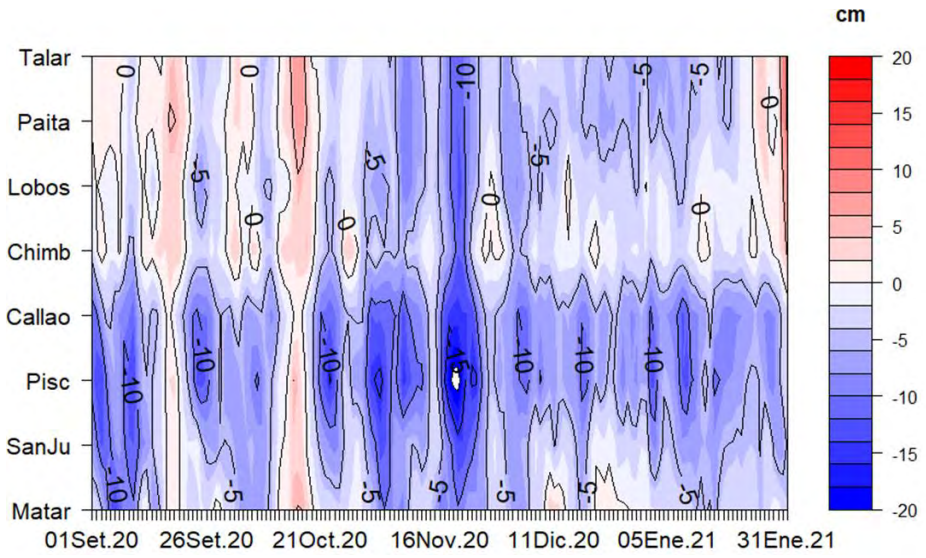
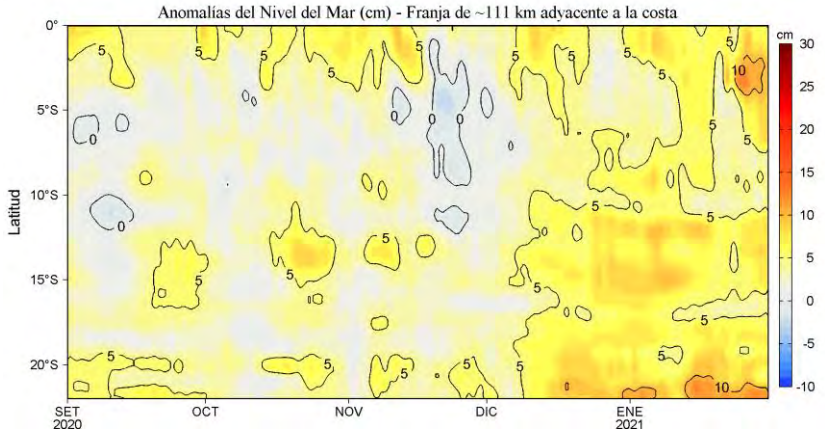


Figura 10. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI entre enero 2020 hasta enero 2021
Fuente: SENAMHI.

a)



b)



c)

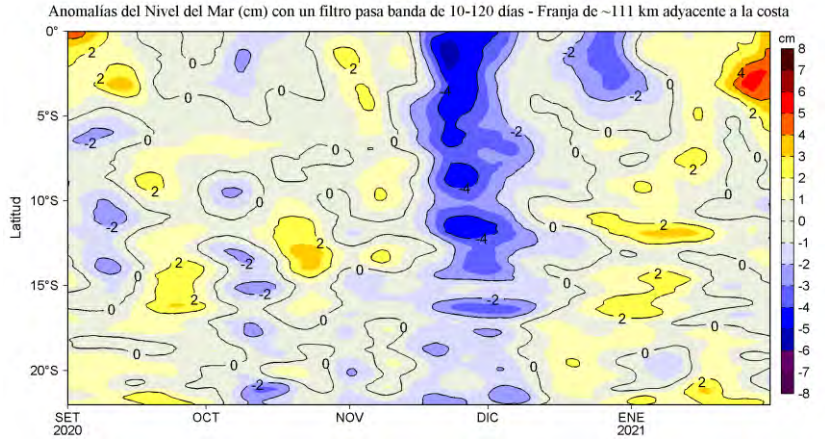
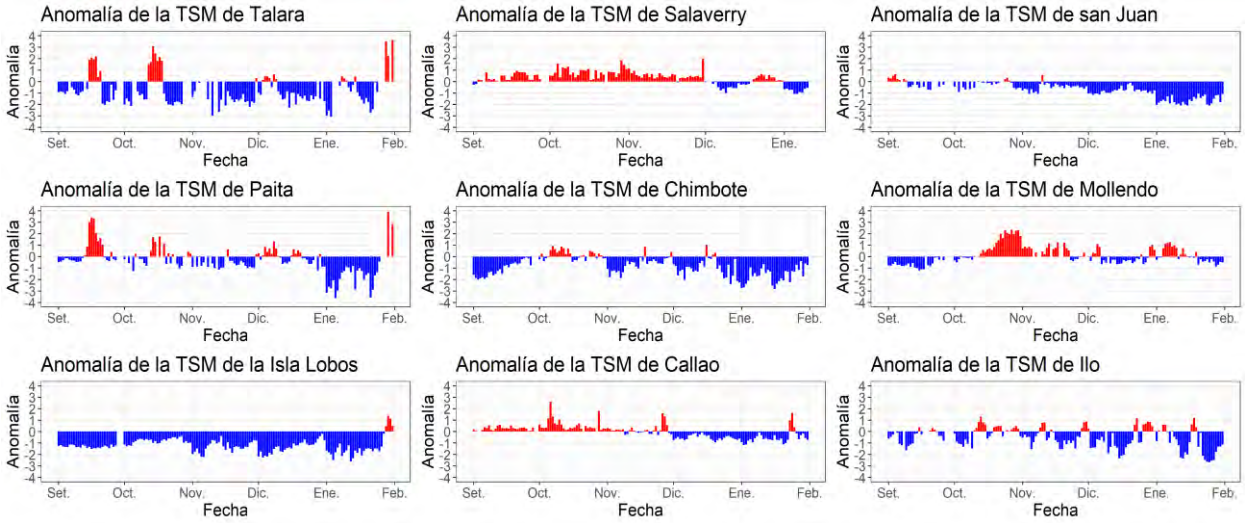


Figura 11. Anomalías del NMM, actualizado al 31 de enero del 2021: a) Diagrama Hovmöller durante el último semestre en estaciones costeras de la DIHIDRONAV; b) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro; y c) con filtro pasa banda de 10 a 120 días, para la franja de 60 millas náuticas adyacente al litoral peruano. Fuente: CMEMS v3.0; Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

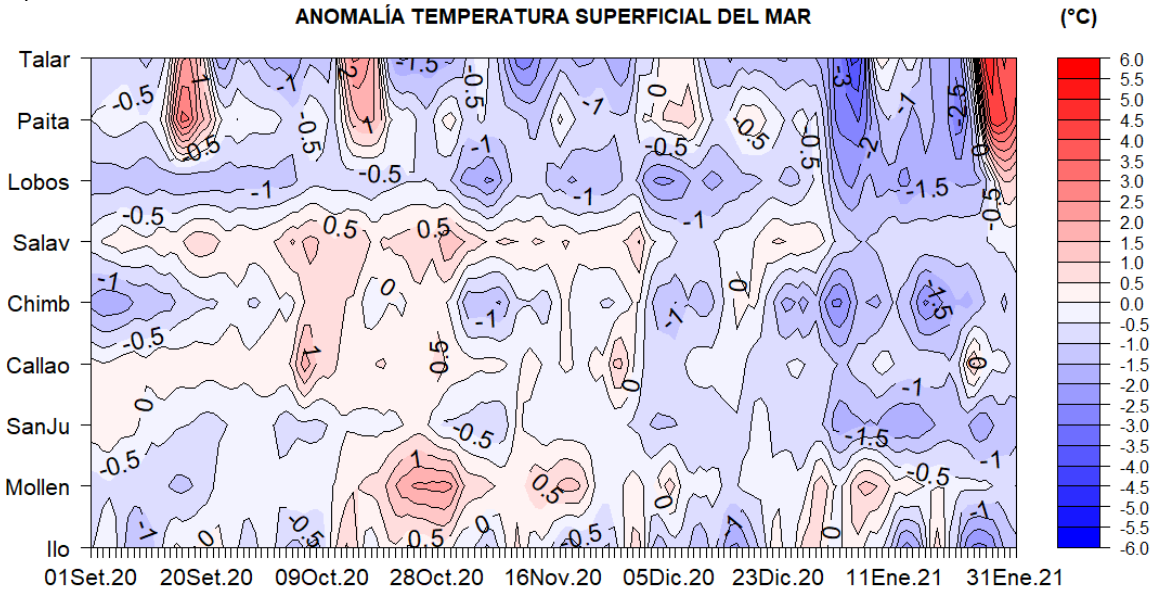


Figura 12. Anomalía de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie y b) hövmoller. Actualizado al 31 de enero 2021. Climatología: 1981-2010. Fuente: DIHIDRONAV.

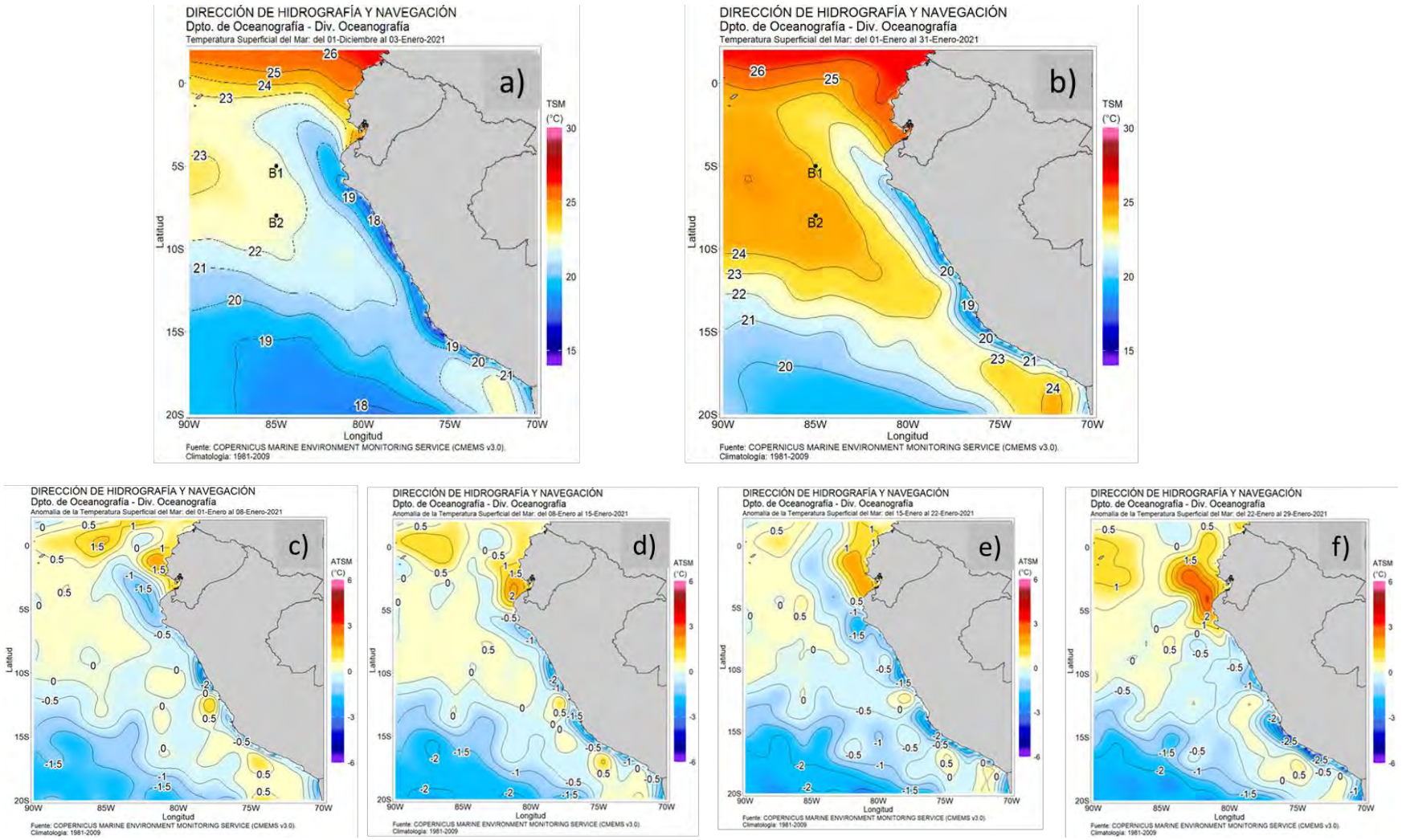


Figura 13. Mapa de distribución espacial de la TSM (°C) mensual durante diciembre 2020 (a) y enero 2021 (b), y de las anomalías de la TSM (°C) (c-f) semanal durante enero 2021 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

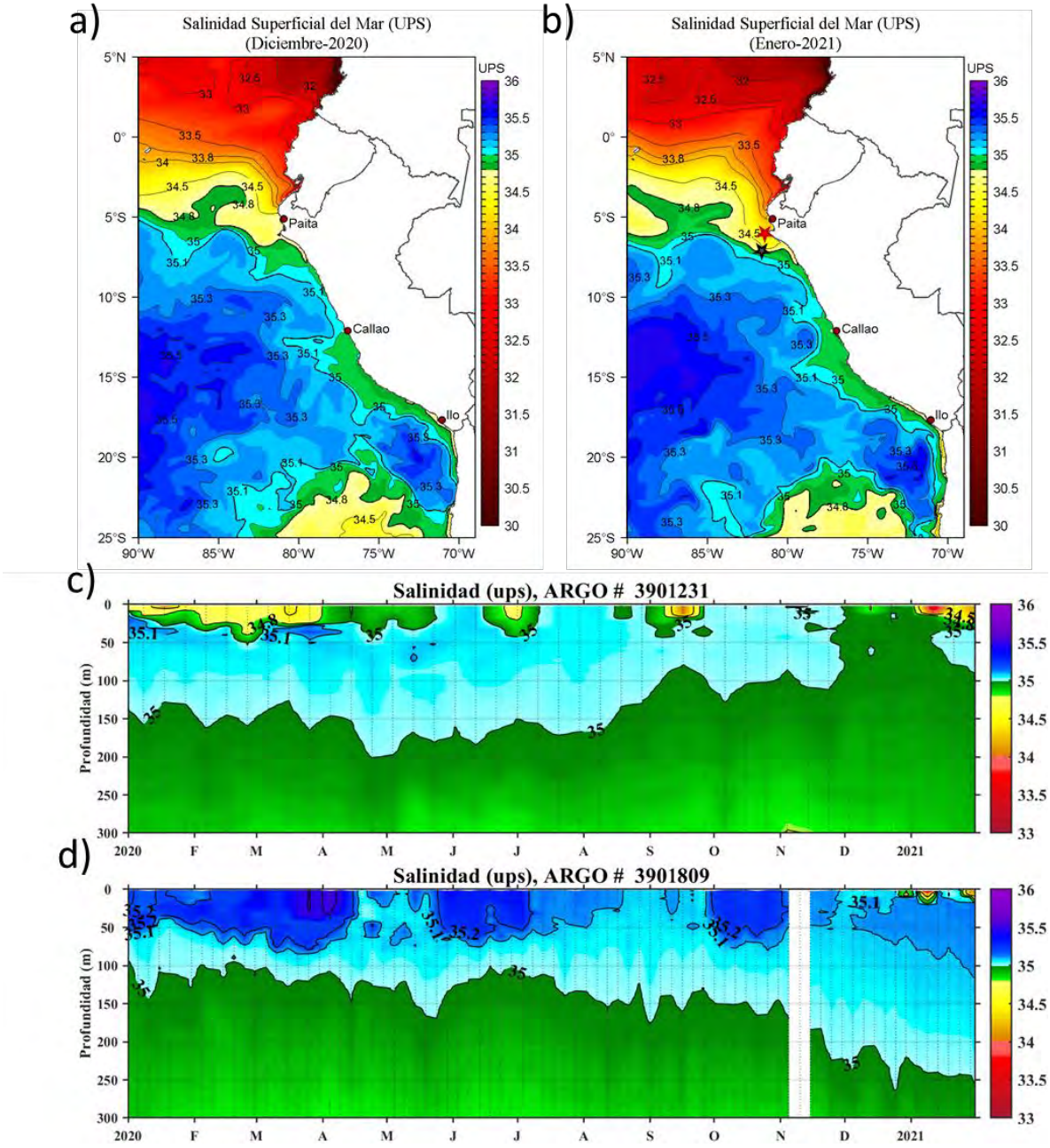


Figura 14. Distribución espacial promedio de la Salinidad Superficial del Mar (ups) para a) la primera quincena de noviembre y b) la segunda quincena de enero de 2021 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR. Evolución de la salinidad del agua de mar en los flotadores ARGO a) número 3901231 frente a Punta Falsa (estrella roja en la Figura b), y b) número 3901809 frente a Chicama (estrella negra en la Figura b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010.

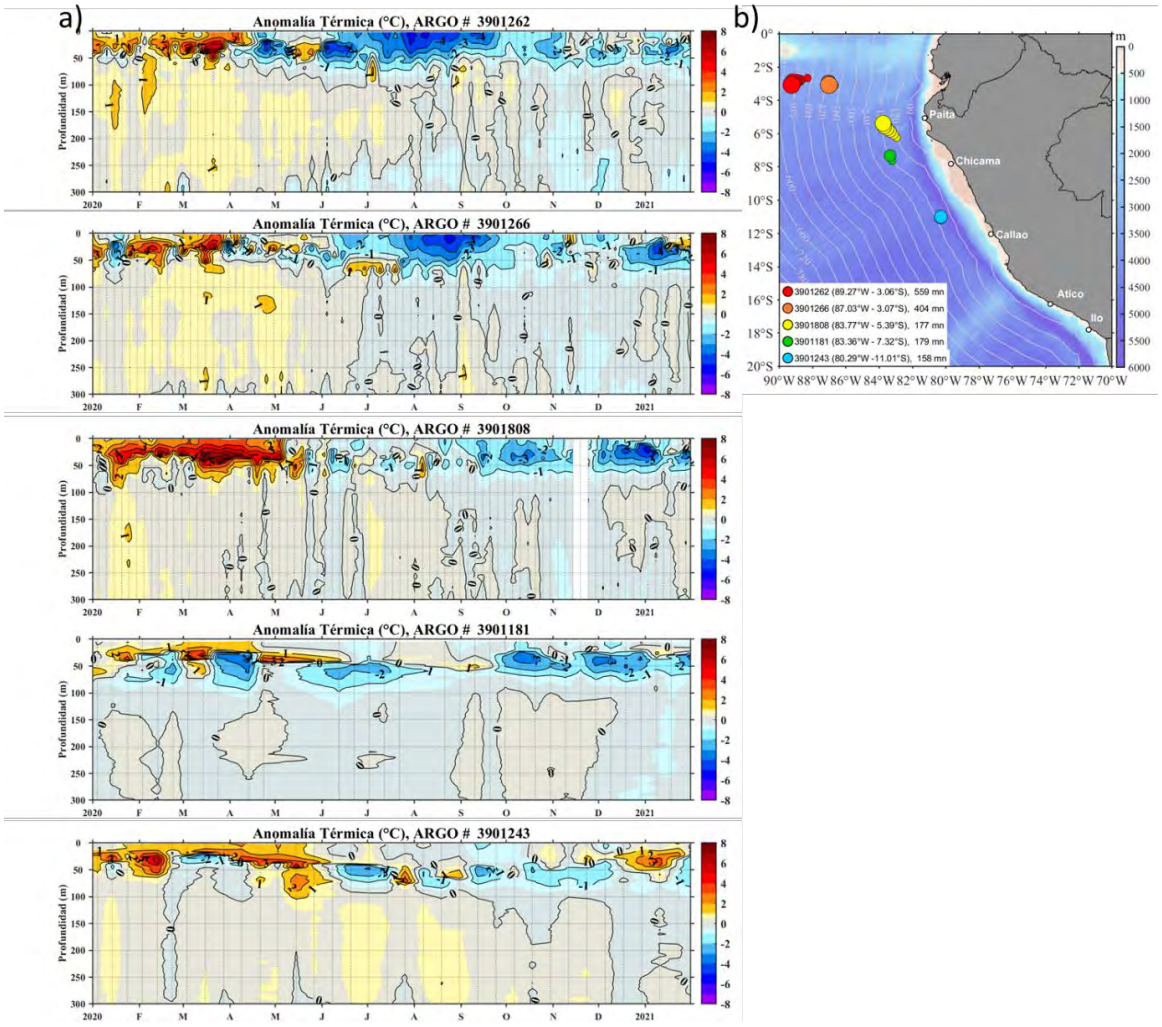
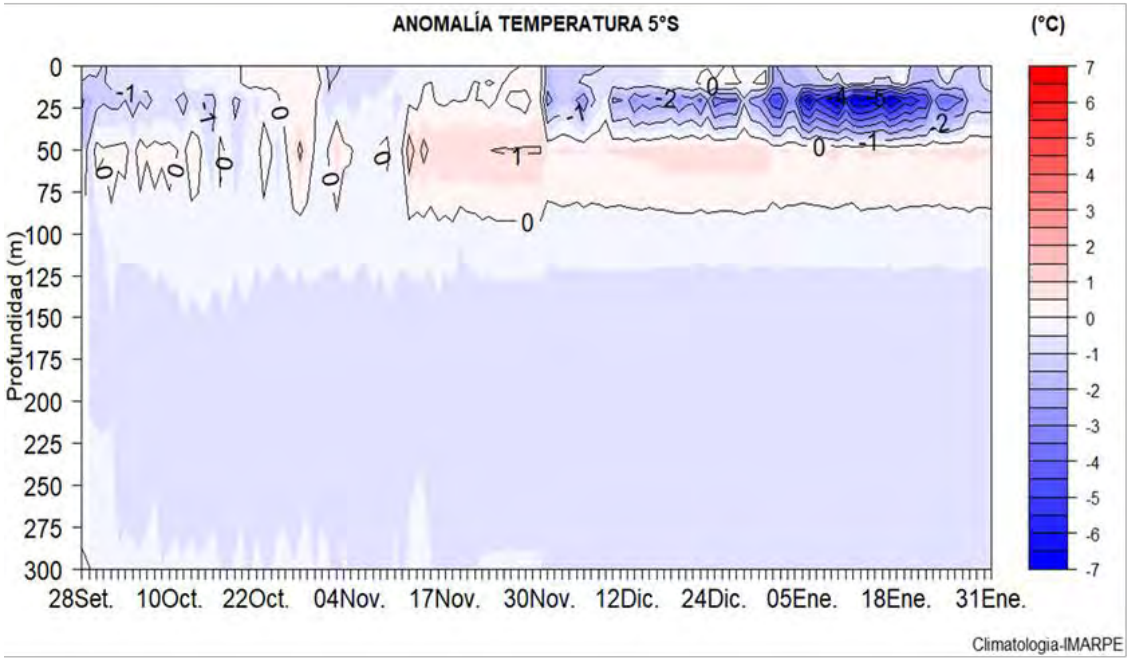


Figura 15. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO en la zona oceánica y d) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de enero donde brindo información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

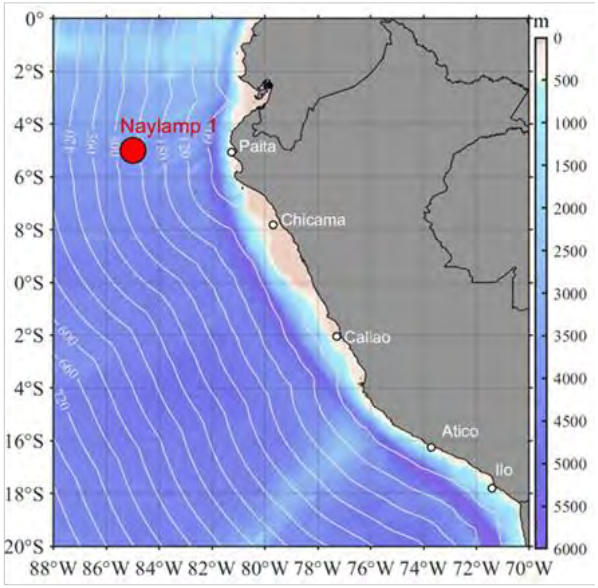


Figura 16. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) en la boya Naylamp 1 y b) su ubicación (85° W – 5° S). Procesamiento: DIHIDRONAV.

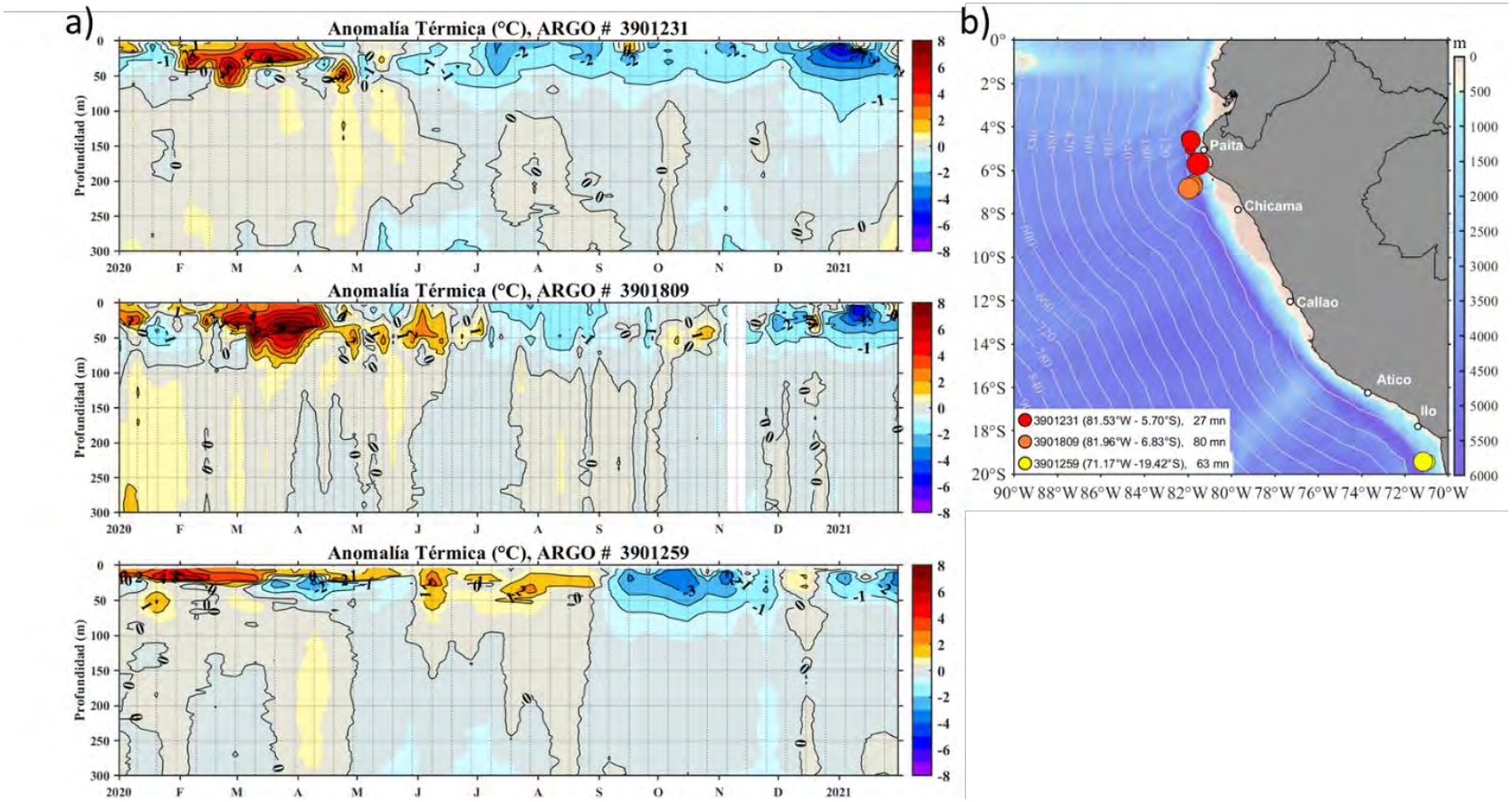


Figura 17. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO cerca a la costa (a); y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de enero donde brindaron información los flotadores ARGO (b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

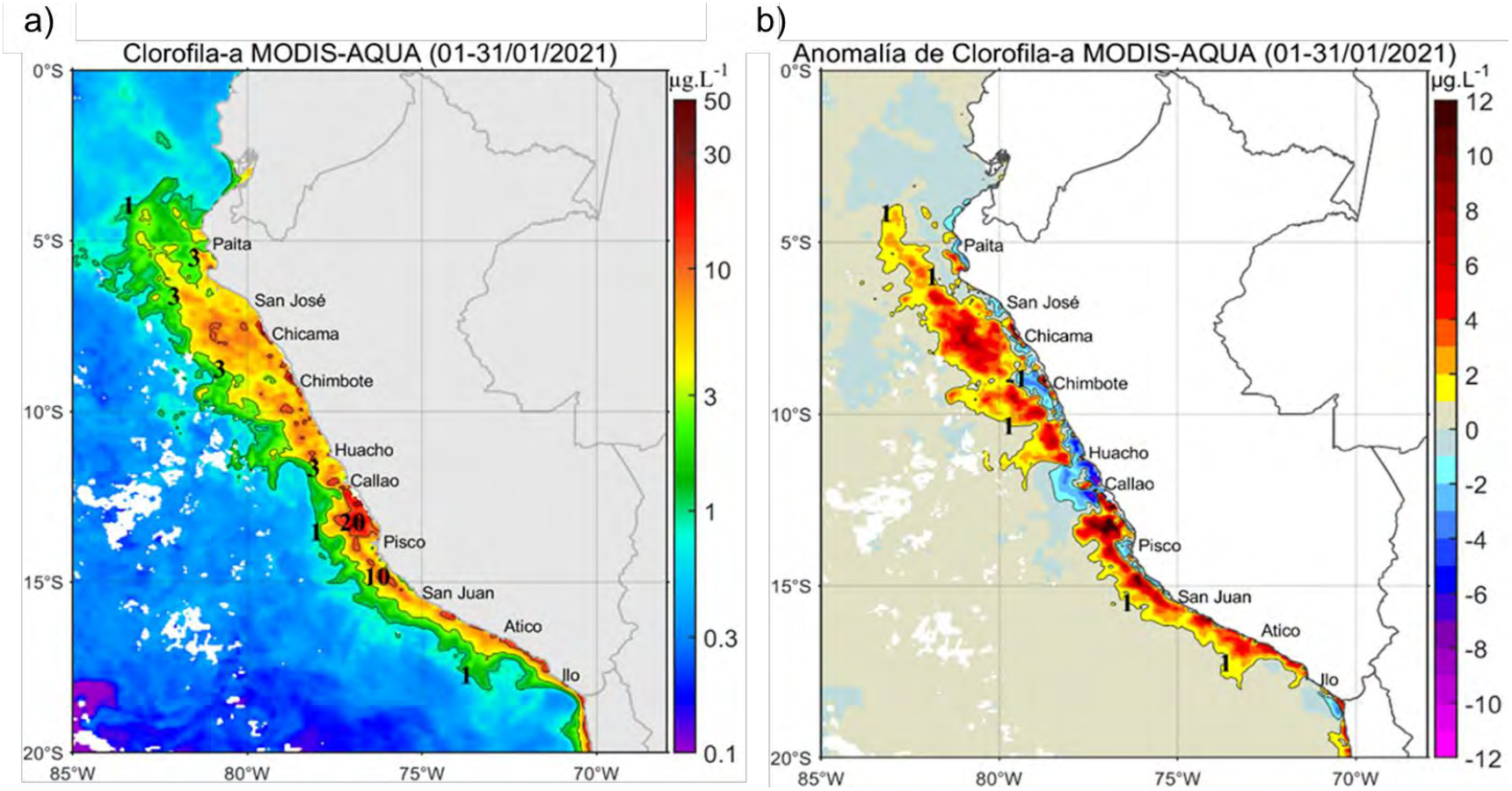


Figura 18. Mapa de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b y d) durante enero de 2021, proveniente de MODIS-AQUA (µg L^{-1}). En (c), se muestra la serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barras negras) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS (µg L^{-1}) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

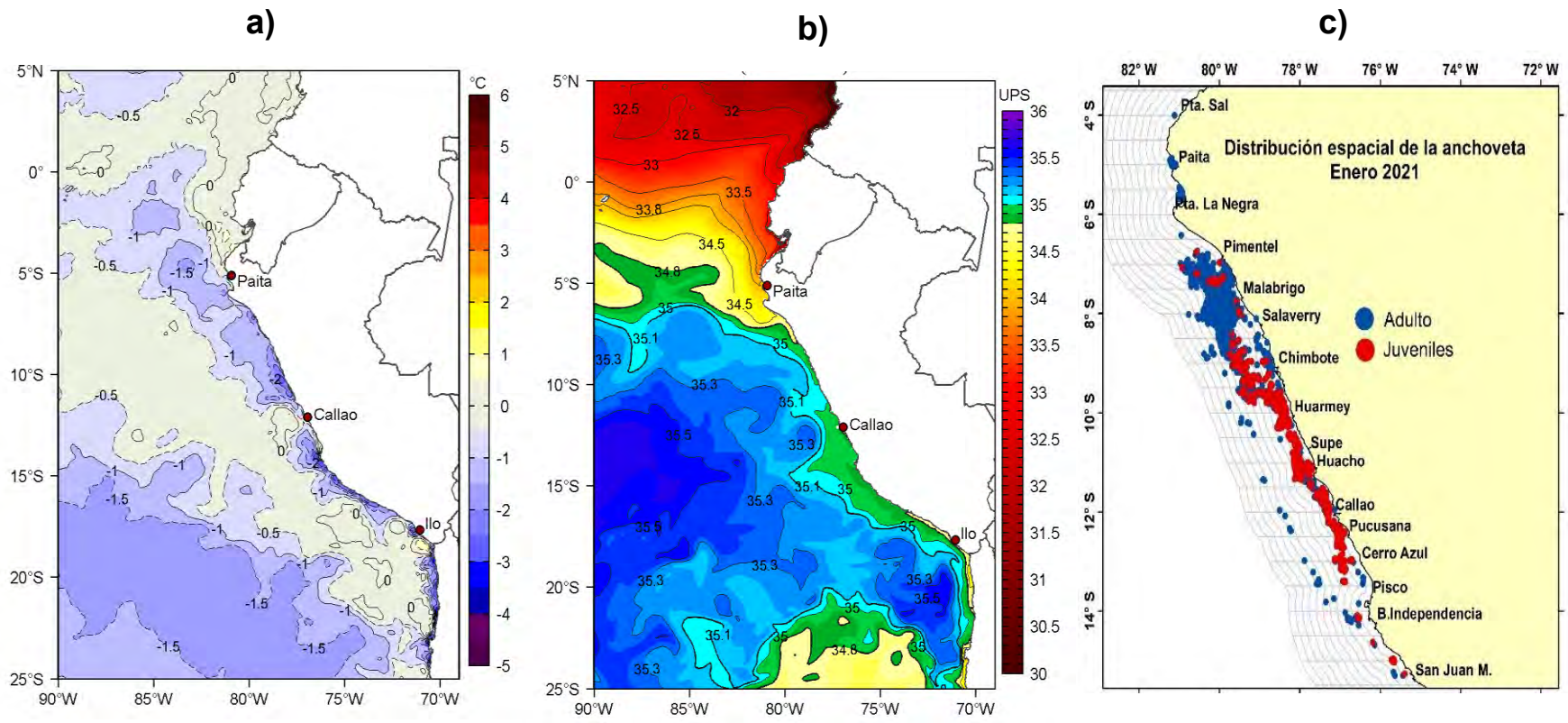


Figura 19. a) Temperatura superficial del mar - TSM (°C), b) Salinidad superficial del mar - SSM (ups) y c) Distribución de la anchoveta durante enero 2021 en la región norte – centro. Fuente: IMARPE.

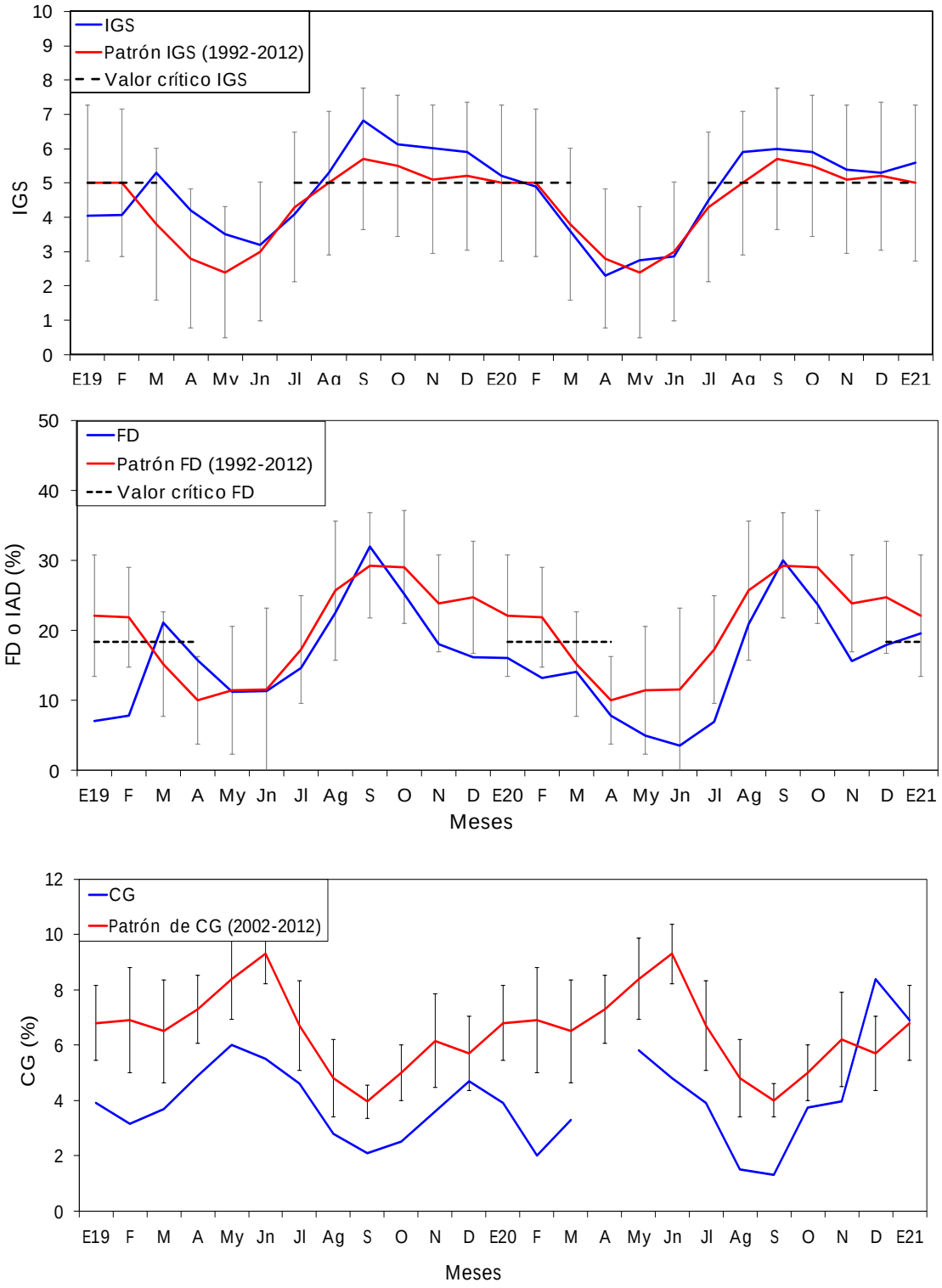


Figura 20. Indicadores reproductivos: a) Índice Gonadosomático, b) Fracción desovante e indicador somáticos, y c) Contenido graso de anchoveta de la región norte centro durante el periodo enero 2019 y enero 2021. Fuente: IMARPE.

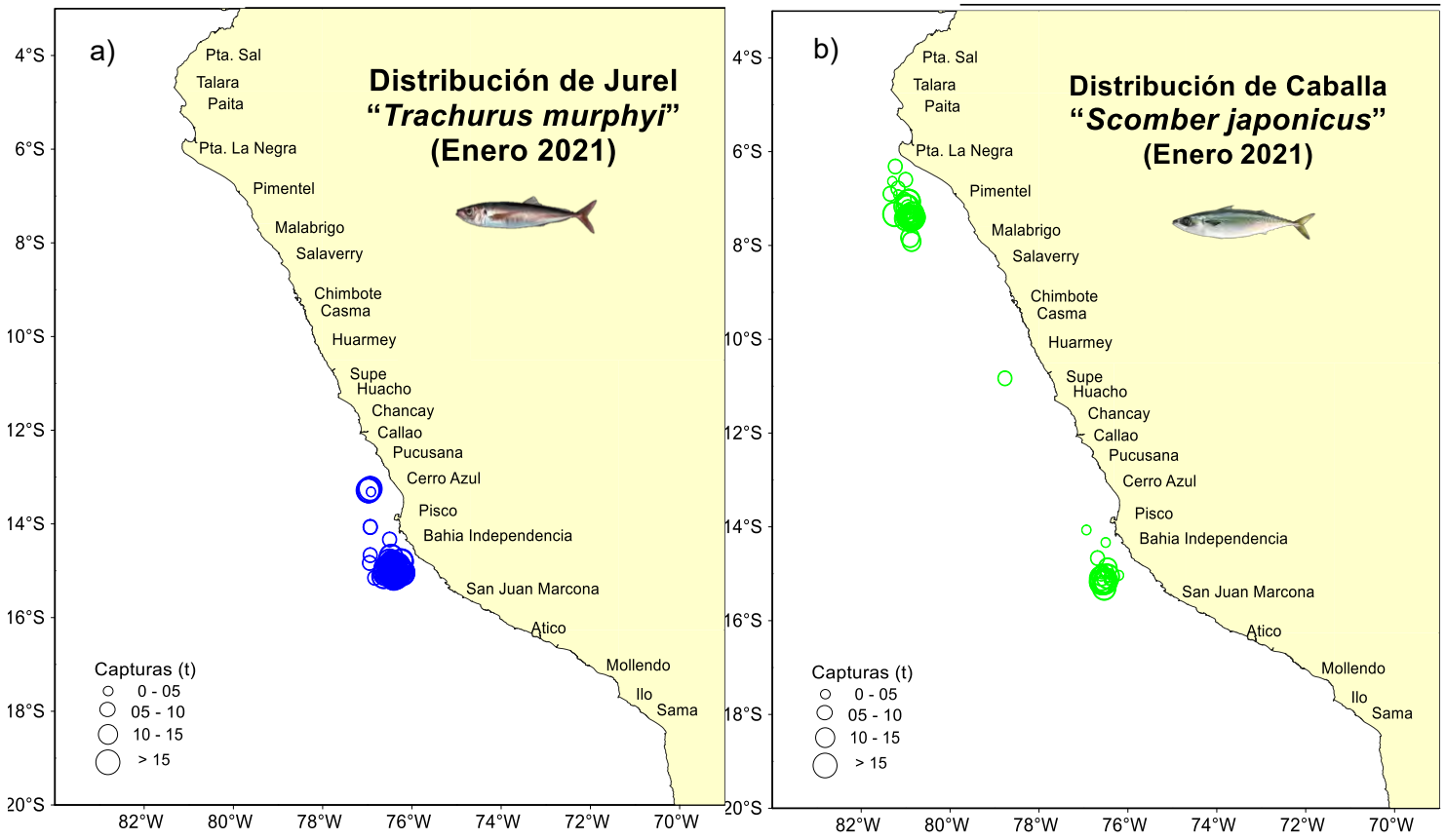


Figura 21. Distribución de a) jurel y b) caballa durante enero 2021. Fuente: IMARPE.

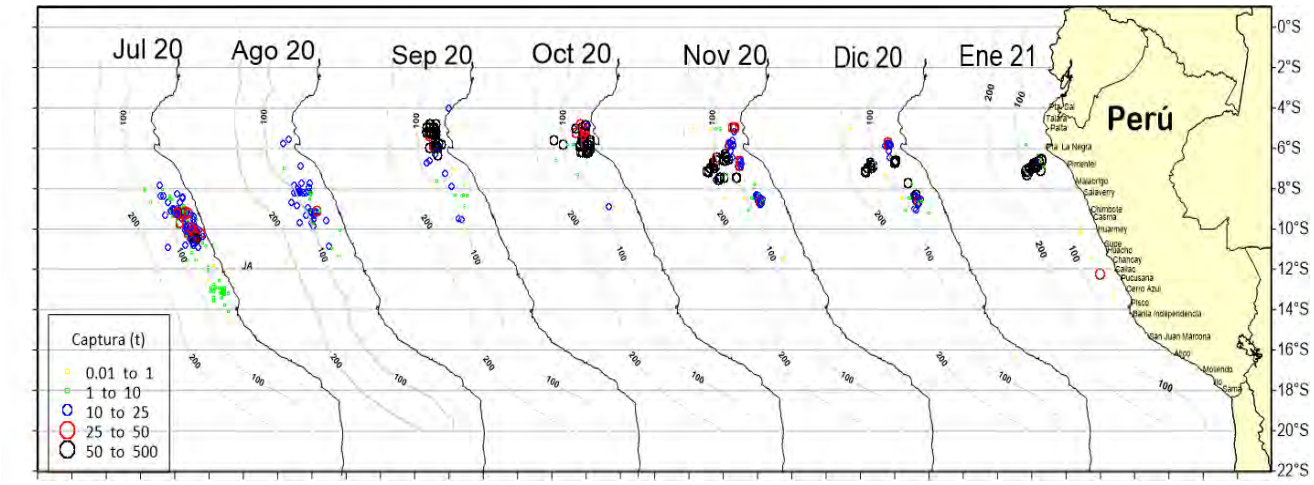


Figura 22. Distribución espacial de calamar gigante *Dosidicus gigas*, periodo: julio 2020 – enero 2021. Fuente IMARPE.

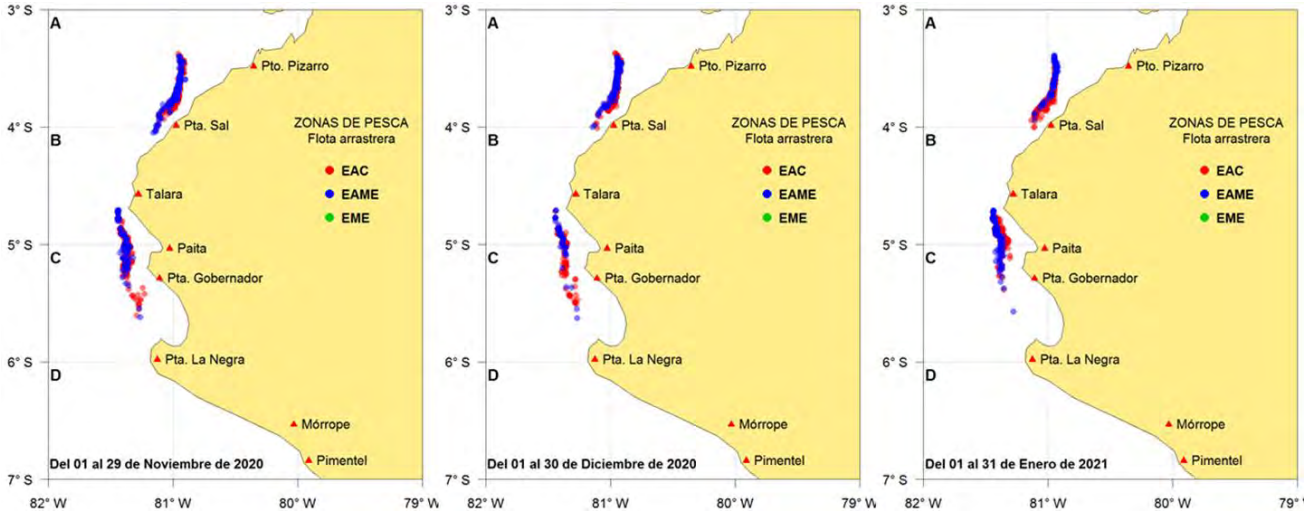
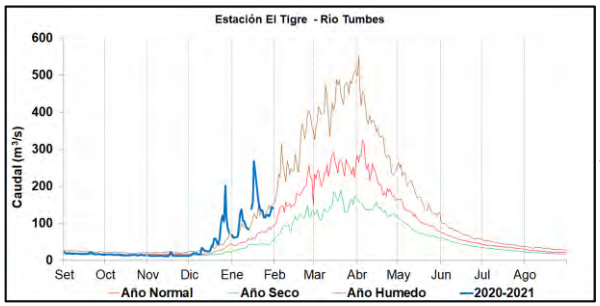
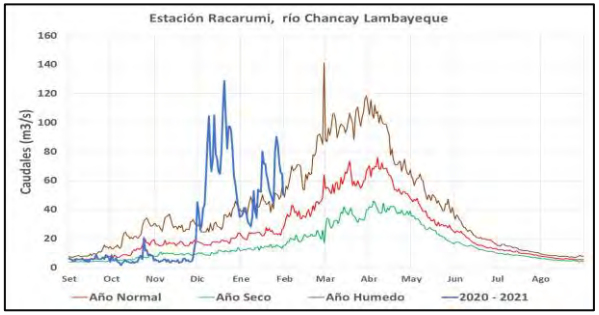
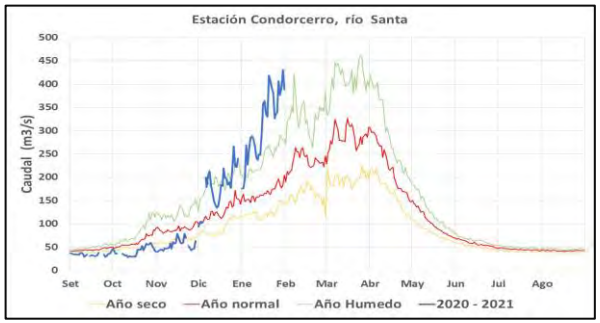
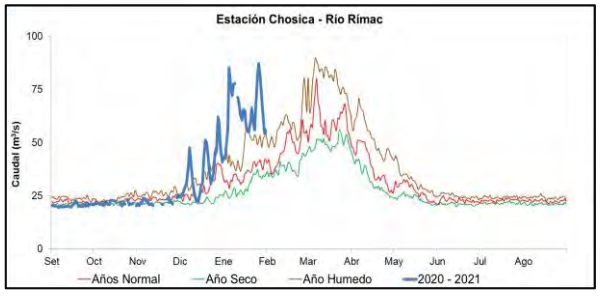


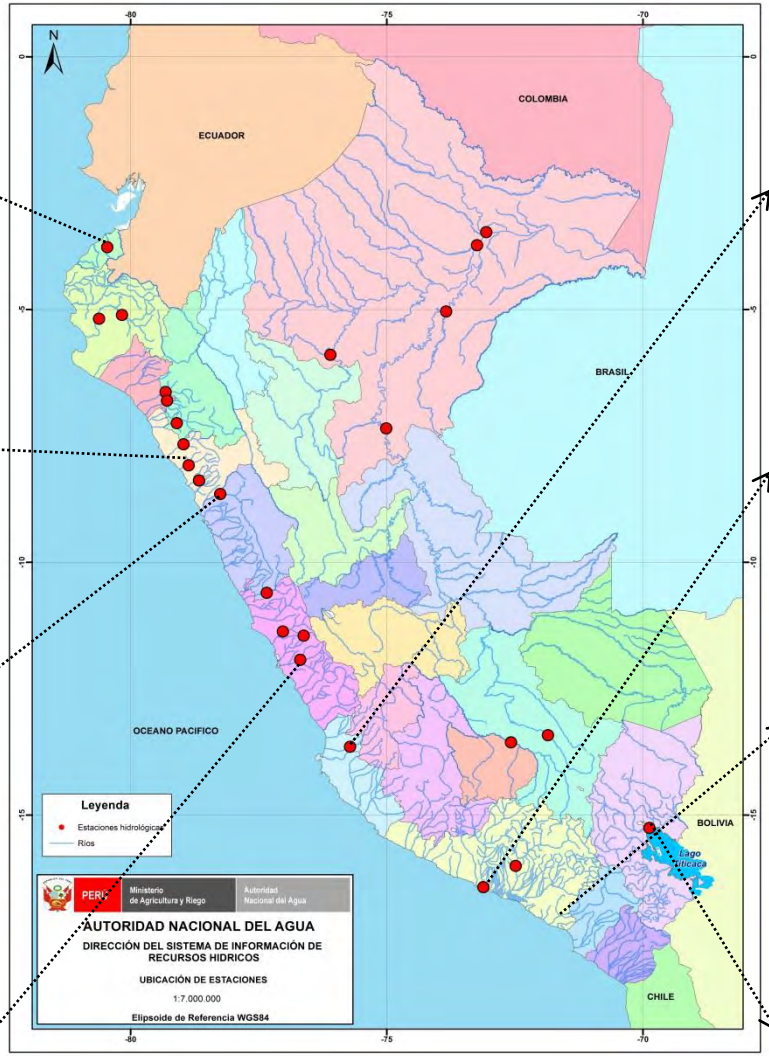
Figura 23. Distribución espacial de merluza, periodo: noviembre 2020 – enero 2021. Fuente IMARPE.

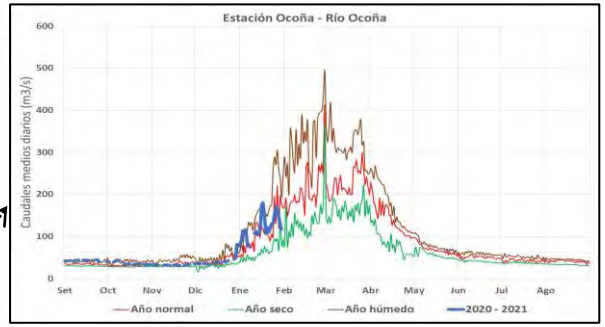












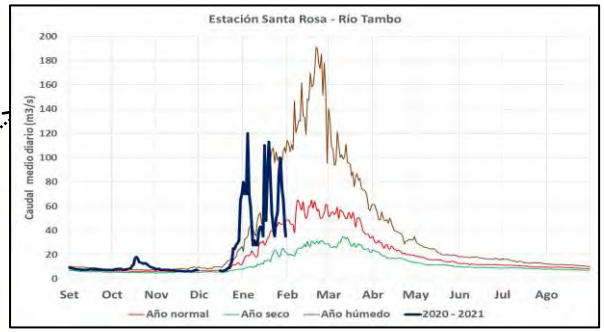


Figura 24. Caudales diarios ($m^3\ s^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de enero 2021. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y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

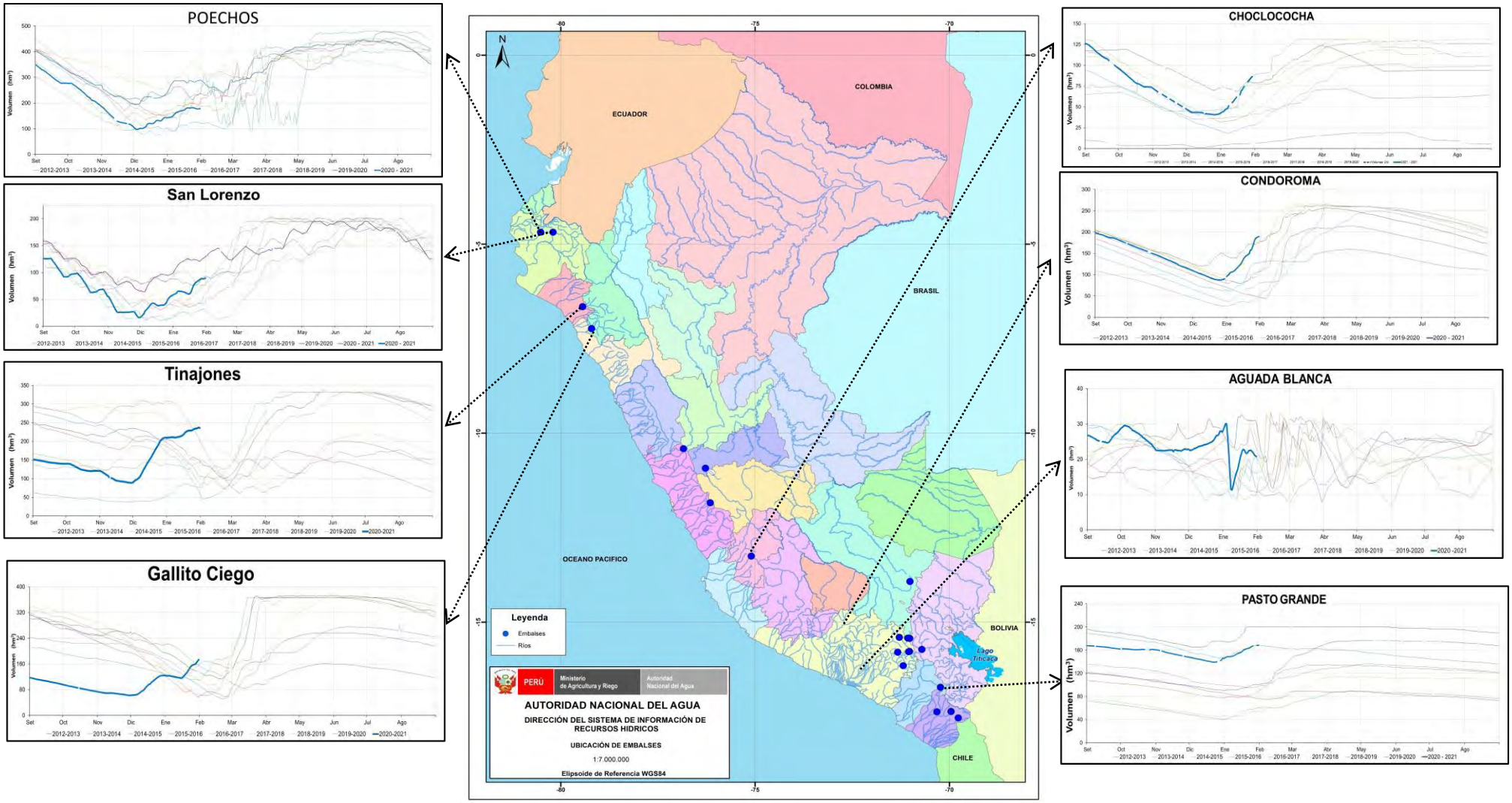


Figura 25. Volúmenes de almacenamiento (hm^3) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de enero 2021. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: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

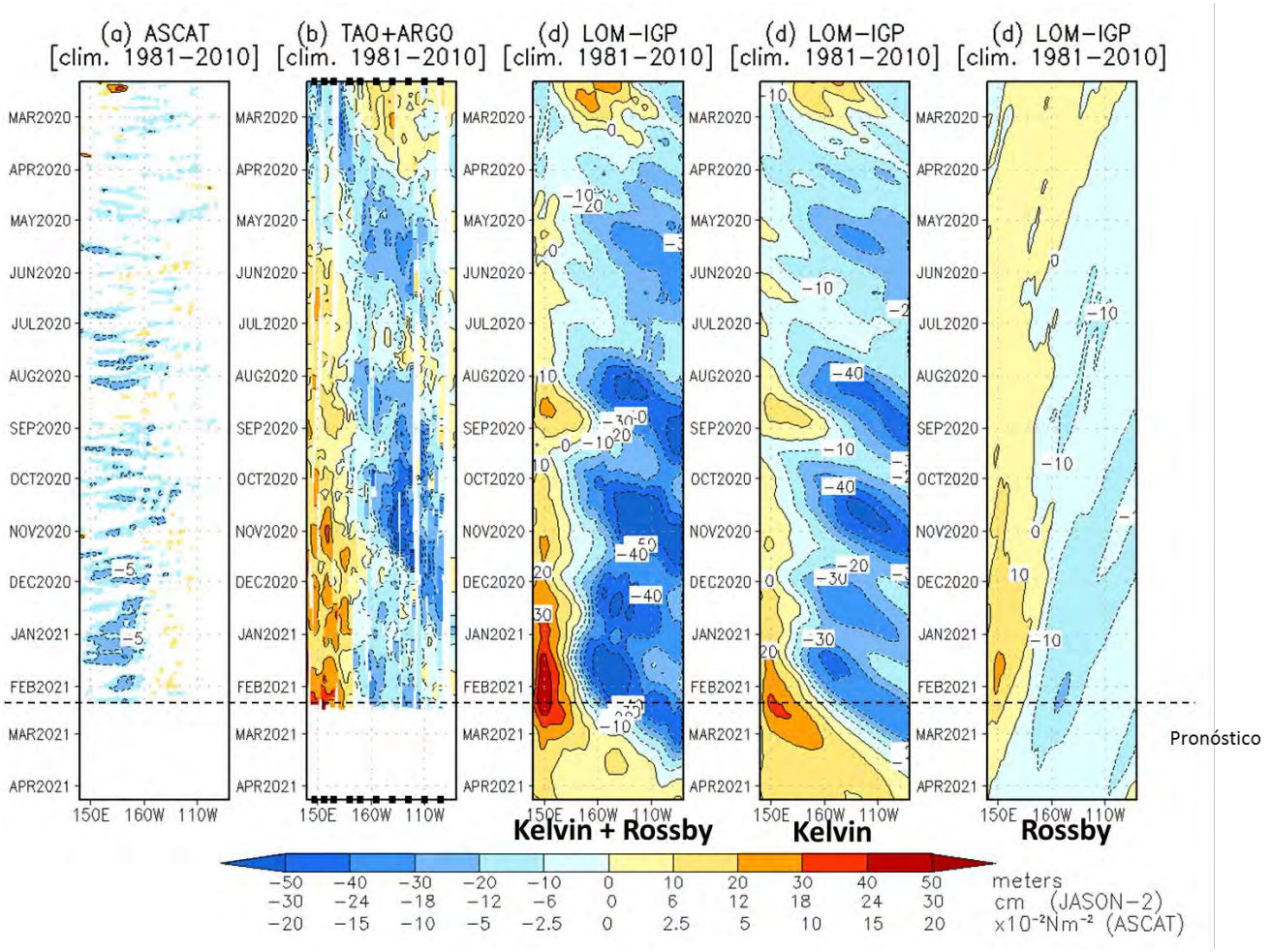


Figura 26. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y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

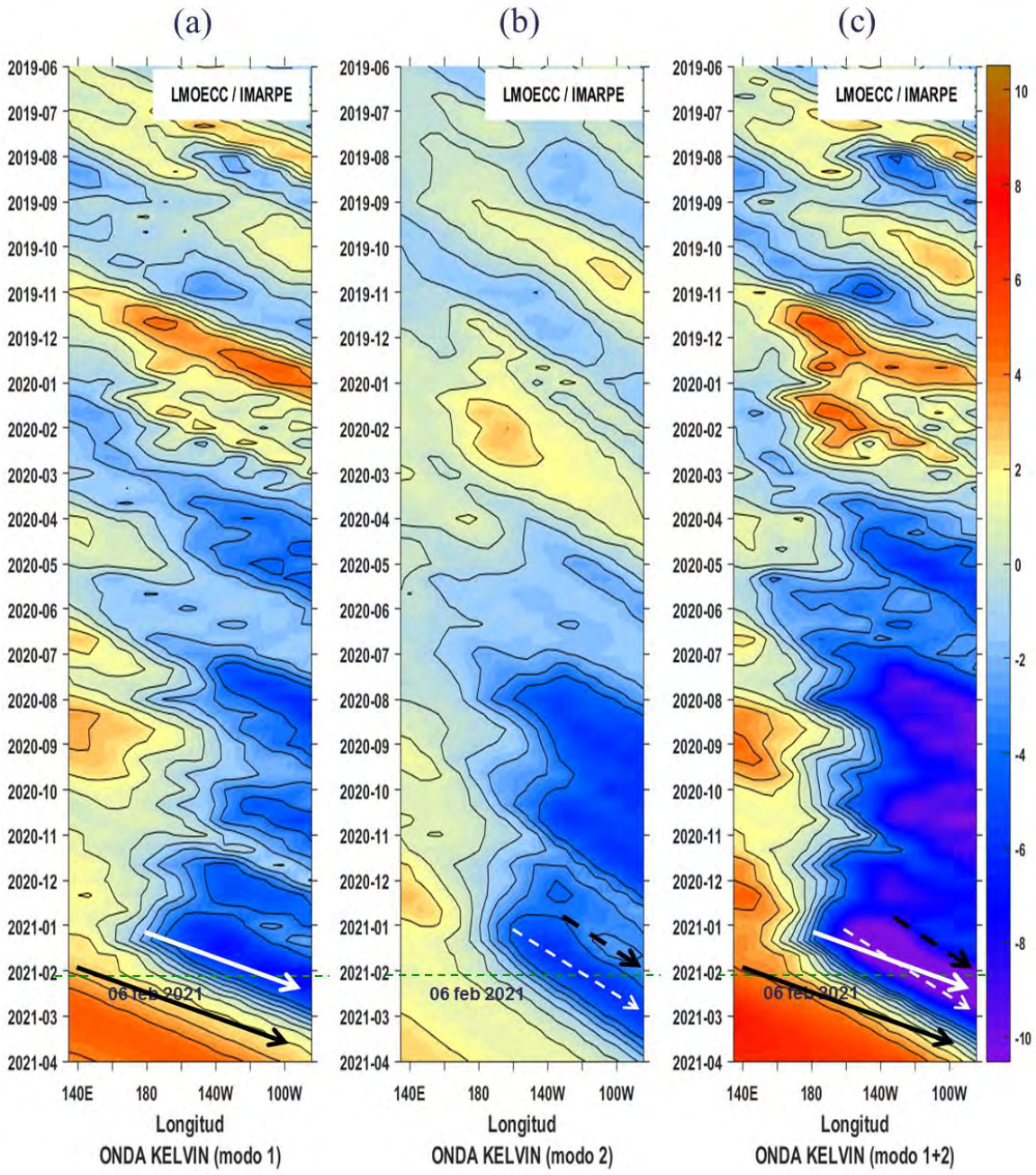


Figura 27. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento;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

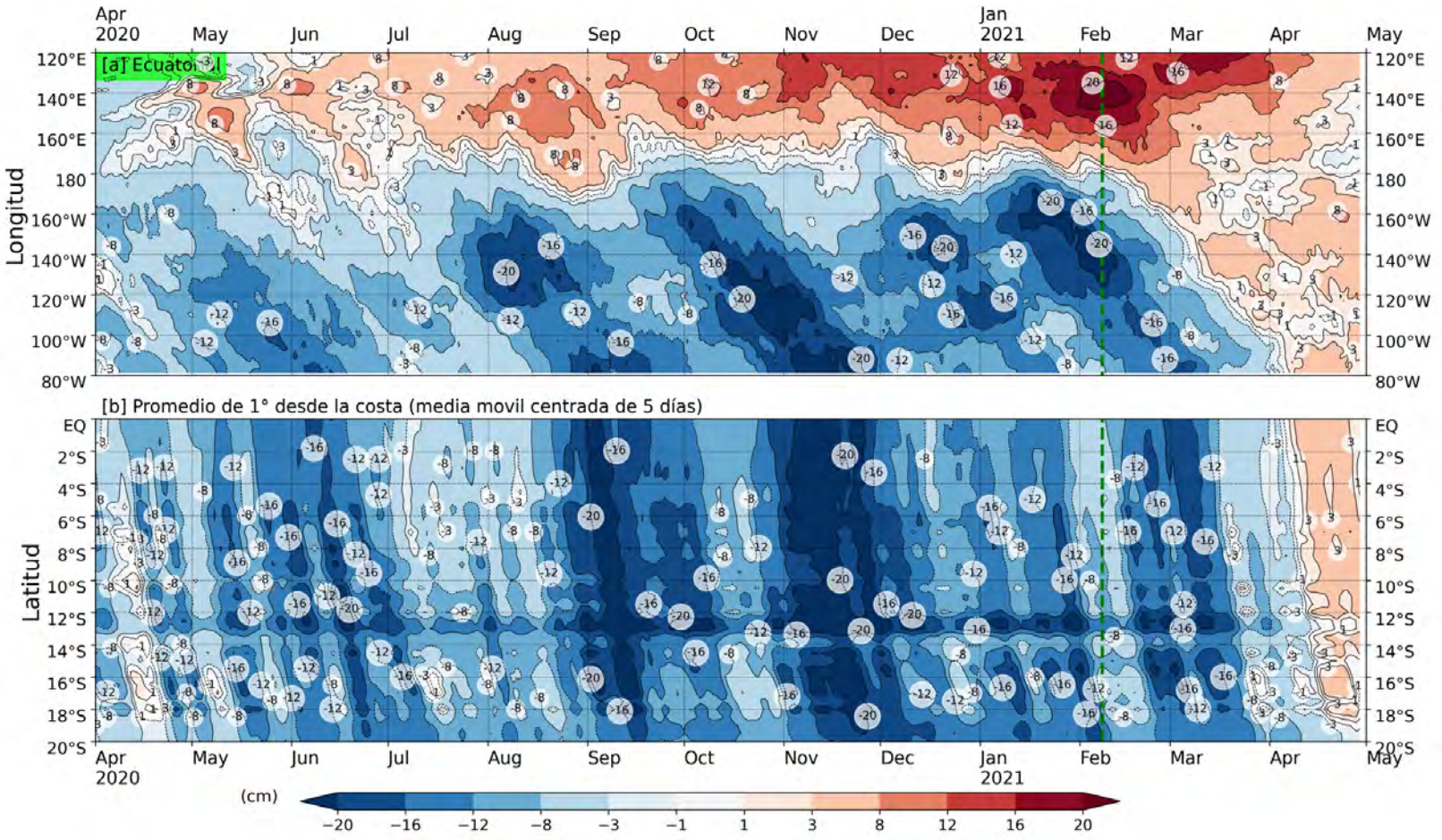


Figura 28. Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior). La línea verde representa el incio del pronóstico. El modelo fue forzado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

ANEXO

1. VARIABLES UTILIZADAS

Tabla A.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

VARIABLE	FUENTE																				PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES
	Observaciones *in situ*										Satélite/Reanálisis								Modelos			
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS	TRMM-3B42	SeaWIFS + MODIS	GFS	MERCATOR Ocean		
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																						
Radiación de Onda Larga											**X**										IGP	*http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170E_140W.gif http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170W_100W.gif
Presión Atmosférica													**X**								SENAMHI	
Vientos													**X**	**X**					**X**		IGP/IMARPE	
Temperatura del Aire	**X**		**X**																		SENAMHI	
Precipitación	**X**											**X**									SENAMHI	
Precipitación estimada																	**X**				SENAMHI/IGP	
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																						
Temperatura del Mar	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**								**X**		**X**						DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s. Periodo climatológico: 1981-2010. *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder.

Nivel medio del Mar	X															X					DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad. Periodo climatológico: 1993-2012. Frecuencia diaria.
Salinidad		X	X	X																X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones 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 BIOLOGICO-PESQUERAS																							
Desembarques pesqueros							X														IMARPE	*Disponible desde 1959 con frecuencia diaria y mensual.
Distribución espacial de recursos				X		X															IMARPE	*El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.
Biometría e indicadores				X		X															IMARPE	*Información par anchoveta disponible desde 1959 con frecuencia variable (diaria, mensual, semestral).
VARIABLES DE RECURSOS HIDRICOS Y AGROMETEOROLÓGICAS																							
Caudal de ríos			X																		ANA	
Reservorios y embalses			X																		ANA	
Desarrollo de cultivos										X											SENAMHI	

*Continuación de la Tabla A.1.1.