

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 6 N°12

DICIEMBRE de 2020

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 Ejecutivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

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 Brigada EP 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: Dr. Dimitri Gutiérrez.

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

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, 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: 6

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), 2020.

Informe Técnico ENFEN. Año 6, N° 12, diciembre de 2020, 54 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 diciembre 2020



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú



DIHIDRONAV
DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



INDECI
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL



ANA
Autoridad Nacional del Agua



CENEPRED

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,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'JAGT', written over a light blue horizontal line.

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	11
Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial.....	11
Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana.....	11
Condiciones oceanográficas en el mar peruano.....	12
Impactos biológico-pesqueros.....	13
Impactos hidrológicos.....	13
Impactos agrometeorológicos.....	13
IV. Pronóstico.....	14
V. Conclusiones y Recomendaciones	15
VI. Referencias.....	16
VII. Tablas.....	19
VIII. Figuras.....	25

Anexos

1. Variables utilizadas
2. Información suplementaria

RESUMEN EJECUTIVO

En diciembre de 2020, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) disminuyeron en magnitud, de $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, a pesar que se apreció una intensificación de la anomalía negativa en la última semana de diciembre, el promedio mensual se mantuvo en $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, similar a noviembre. En niveles bajos de la tropósfera y sobre el Pacífico ecuatorial occidental y central, se detectaron vientos anómalos del este; mientras que en el sector oriental se presentaron vientos anómalos del oeste hacia finales del mes. En niveles altos de la tropósfera, entre los 160°W y los 120°W , predominaron anomalías del oeste; mientras que, sobre el continente, persistieron los vientos anómalos del este, que incidieron sobre la región norte del Perú. El grupo de ondas Kelvin frías, que se originaron entre setiembre y octubre, continuó afectando el extremo del Pacífico oriental y la costa peruana. La onda Kelvin cálida que se ubicaba en 120°W a fines de noviembre, habría iniciado su llegada a la costa peruana con una magnitud débil a fines de diciembre. El nuevo paquete de ondas Kelvin frías, que fuera detectado en noviembre, se ubica actualmente a 140°W . A escala regional, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) continuó, en promedio, desplazado hacia el sur de su posición habitual con un núcleo intenso, manteniendo la configuración zonal que exhibe desde hace varios meses. Esta configuración propició un debilitamiento relativo de los vientos del sureste frente a la costa peruana. En el litoral, las condiciones frías dominaron durante diciembre y se intensificaron hacia finales de mes, con anomalías diarias de TSM de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfriamiento que alcanzó la franja de 50 m.n. adyacente a Paita. En cuanto a las masas de agua, las aguas subtropicales superficiales (ASS), cálidas y salinas, se mantuvieron próximas a la costa en la zona central durante diciembre, aunque no tanto como lo observado en noviembre, mientras que las aguas costeras frías (ACF), propias del afloramiento costero, predominaron desde Callao hasta el sur, en la franja adyacente a la costa, similar al mes de noviembre. En la capa subsuperficial, continuaron predominando las anomalías negativas frente a la mayor parte de la costa. Dentro de las 120 millas náuticas adyacentes a la costa norte, el enfriamiento anómalo fue el más intenso, el cual alcanzó núcleos de $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de los primeros 50 m de profundidad al final del mes, lo que estaría asociado al paso de ondas Kelvin frías. La concentración de clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) varió mayormente entre 1 y $3\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, alcanzando valores de $10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 30 millas náuticas. Esto representó una disminución respecto de noviembre, en promedio, aunque aún por encima de su promedio mensual para la franja de 100 km frente a la costa, entre Talara y San Juan de Marcona. En el aspecto biológico-pesquero, la anchoveta se distribuyó desde Paita hasta Bahía Independencia, con predominancia de individuos adultos al norte de Chimbote, y de juveniles, desde Huacho hasta Bahía Independencia. Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro evidenciaron la preparación del desove secundario de verano. El jurel y la caballa estuvieron disponibles para la flota artesanal, principalmente dentro de las 80 millas náuticas en la región sur, asociadas a la continuidad de las ASS cercanas a costa y la mezcla de estas con las ACF. En el aspecto hidrológico, los caudales de los ríos de la costa norte presentaron un incremento constante y muy significativo sobre su normal, reflejándose en el volumen almacenado de los principales reservorios, mientras que los caudales de los ríos de la costa centro y sur permanecieron dentro de sus valores normales. En la región del Altiplano, los caudales de los ríos se encontraron por debajo de lo normal. En los aspectos agrometeorológicos, en la costa norte, la prevalencia de temperaturas diurnas dentro de su rango normal de variabilidad favoreció la maduración del mango en valles productores de Piura y Lambayeque. Por otro lado, en los valles arroceros de Lambayeque, las temperaturas máximas con valores cercanos a su normal promovieron el avance de las fases vegetativas de los almácigos. En la costa sur, en la localidad de la Yarada (Tacna), se observó frutos del olivo con mayor crecimiento con respecto a los años anteriores, producto de la prevalencia de noches frescas. Se espera que la magnitud de La Niña en el Pacífico central cambie a una condición débil para febrero y tienda hacia una normalización en el otoño de 2021.

Para la región Niño 1+2 (frente a la costa norte y centro del Perú), se espera la llegada de ondas Kelvin frías hasta febrero. 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 reflejadas provenientes del Pacífico occidental. Ello, sumado a la variabilidad de las condiciones locales propias de la estación, continuaría afirmando la normalización de la temperatura del mar entre lo que resta del verano e inicios de otoño, sin descartar la ocurrencia de episodios cálidos localizados frente a la costa norte. Para el período entre enero y abril de 2021, se estima que en la región Niño 1+2 la probabilidad de condiciones neutras aumentará de 58 % a 69 %, mientras que la probabilidad de las condiciones frías débiles se reduciría de 40 % a 14 % y la probabilidad de condiciones cálidas aumentaría progresivamente hasta alcanzar 17 % en abril. Para el Pacífico central, se estima una disminución paulatina de la probabilidad de condiciones frías moderadas, siendo desplazada por la probabilidad de condiciones frías débiles, que sería dominante a partir de febrero, alcanzando 60% en abril. Sin embargo, se espera que La Niña en el Pacífico central continúe contribuyendo a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en gran parte de los sectores central y sur del país durante lo que resta del verano, especialmente en la zona andina, sin descartar episodios de lluvia superiores a sus valores normales en la selva peruana.

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 $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), 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 GHR SST 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 $1/4^\circ$.

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 *reanalysis* 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 re-análisis 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.

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 DICIEMBRE DE 2020

Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el océano Pacífico ecuatorial central las condiciones frías se atenuaron ligeramente (Figura 1), disminuyendo la anomalía mensual promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) respecto al mes de noviembre, de $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabla 1), mientras que, a nivel subsuperficial se observaron anomalías de hasta $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 150 m de profundidad, las que se debilitaron durante la segunda quincena del mes en la región central (Figura 2). Por otro lado, en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, la anomalía negativa de la TSM se intensificó hacia la última semana del mes hasta el valor de $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque su promedio mensual fue de $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, similar al de noviembre (Figura 3, Tabla 1).

El Índice Costero El Niño para el mes de noviembre (ICEN) y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para diciembre muestran valores negativos, aunque dentro de las condiciones neutras. Por otro lado, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para noviembre y el ONI temporal (ONI-tmp) para diciembre indican condiciones frías moderadas (Figura 4, 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 bajos de la tropósfera (850 hPa), desde los 120°E hasta los 160°W se observó la intensificación de vientos anómalos del este; sin embargo, desde los 140°W hasta los 85°W , se presentó un incremento de vientos anómalos del oeste hacia finales del mes. Por otro lado, en niveles altos de la tropósfera (200 hPa), entre los 160°W y los 120°W , predominaron anomalías de viento zonal del oeste; mientras que, sobre el continente, persistieron vientos anómalos del este, incidiendo sobre la región norte del Perú (Figura 5). Sobre el Pacífico occidental, la convección permaneció sobre Indonesia, mientras que al oeste de la línea de cambio de fecha persistió un intenso patrón de subsidencia anómalo (Figura 6).

El paquete de ondas Kelvin frías, formadas por el pulso de viento del este de inicios de setiembre y posiblemente reforzado por los pulsos de viento de inicios de octubre, continuó afectando el extremo del Pacífico oriental y la costa peruana, según los datos observados *in situ* y satelitales. La onda Kelvin cálida, que se habría formado como consecuencia de la reflexión de una onda Rossby cálida en la zona occidental del Pacífico, habría iniciado su llegada a la costa peruana con una magnitud débil a fines de diciembre. El nuevo paquete de ondas Kelvin frías, que se desarrolló entre la quincena de noviembre e inicios de diciembre por los pulsos de vientos del este en el Pacífico central, se ubica actualmente a 140°W (Figura 7).

Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) durante el mes de diciembre, en promedio, continuó desplazado hacia el sur de su posición habitual, manteniendo un núcleo intenso con valores cercanos a 1024 hPa, así como una configuración zonal que viene persistiendo durante los últimos meses (Figura 8). Esta configuración favoreció la intensificación de los vientos alisios hacia la cuenca central del Pacífico ecuatorial, pero frente a la costa peruana propició un debilitamiento de los vientos del sureste (Figura 9).

Respecto a las temperaturas extremas del aire, las temperaturas máximas en la costa presentaron valores cercanos a su climatología, a excepción de la estación Trujillo (La Libertad), que reportó anomalías de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la tercera década del mes. En cuanto a las temperaturas mínimas, las estaciones en la costa norte reportaron valores próximos a su normal, a excepción de las estaciones de Bernal (Piura) y Talla Guadalupe (La Libertad), que, en la segunda década de diciembre, reportaron $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. En la tercera década, La Esperanza (Piura) reportó $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la estación Trujillo (La Libertad) reportó $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 10).

Condiciones oceanográficas en el mar peruano

En el litoral, el nivel del mar se mantuvo con anomalías negativas, las que alcanzaron su mayor magnitud en la primera quincena en la zona central (-12 cm). Por otro lado, en la franja de 60 millas náuticas adyacente a la costa se registró una elevación del nivel del mar a fines de diciembre al sur de Paíta, posiblemente asociada a la llegada de la onda Kelvin cálida (Figura 11).

En el litoral, de norte a sur, las condiciones frías dominaron durante diciembre, intensificándose hacia finales de mes, con anomalías diarias de TSM de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Figura 12 a, b). Frente a la costa, desde los 5°S hasta Ecuador y hasta los 85°W , se observaron anomalías negativas de la TSM, con valores diarios de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 50 m.n. frente a Paíta a fines de diciembre (Figura 16 b). Entre Punta Falsa e Ilo, en la franja de las 50 millas náuticas adyacente a la costa, las magnitudes de las anomalías frías fueron débiles y similares a las de noviembre (Figura 13).

En cuanto a las masas de agua, las aguas subtropicales superficiales (ASS), cálidas y salinas, mantuvieron una mayor aproximación a la costa en la zona central en diciembre, aunque menor respecto a lo observado en noviembre, mientras que las aguas costeras frías (ACF), propias del afloramiento costero, predominaron desde Callao hasta el sur en la franja adyacente a la costa, similar al mes de noviembre (Figura 14).

En la capa sub-superficial, en la zona entre las 300 y 500 millas náuticas del golfo de Guayaquil, las anomalías negativas de la temperatura indicaron valores de $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, en promedio dentro de los primeros 70 m de profundidad (Figura 15). Fuera de las 180 millas náuticas de la costa norte, el enfriamiento alcanzó anomalías negativas de $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m de profundidad en diciembre, frente a Paíta, y anomalías de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m de profundidad a inicios de diciembre, frente a Chicama (Figuras 15 y 17). Dentro de las 120 millas náuticas adyacentes a la costa norte, el enfriamiento alcanzó sus mayores anomalías y con mayor profundidad a fines de diciembre, registrando núcleos de $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de los primeros 50 m de profundidad, asociado al paquete de ondas Kelvin frías (Figura 16).

La concentración de clorofila-a (indicador de la producción del fitoplancton) en diciembre, varió mayormente entre 1 y $3\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, alcanzando valores de $10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 30 millas náuticas. Esto representó una disminución respecto de noviembre, en promedio, aunque aún por encima de su promedio mensual en $+1\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ para la franja de 100 km frente a la costa, entre Talara y San Juan de Marcona (Figura 18).

Impactos biológico-pesqueros

La anchoveta, en diciembre, debido a la continuidad de las condiciones frías, mantuvo su amplia distribución desde Paita hasta Bahía Independencia; caracterizada por la predominancia de individuos adultos al norte de Chimbote, dentro de las 70 millas náuticas, y de juveniles desde Huacho hasta Bahía Independencia, dentro de las 40 millas náuticas (Tabla 3 y Figura 19). Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron el incremento de su actividad desovante y de la reserva energética por encima de su patrón, evidenciando la preparación de su desove secundario de verano (Figura 20).

Las especies transzonales como jurel y caballa estuvieron disponibles para la flota artesanal, principalmente dentro de las 80 millas náuticas en la región sur, asociadas a la continuidad de las ASS cercanas a costa y la mezcla de estas con las ACF (Figura 21). La presencia de la múnida o camaroncito rojo, indicador de aguas frías, se mantuvo asociada a la distribución de la anchoveta.

Impactos hidrológicos

En el mes de diciembre, los caudales de los ríos de la costa norte presentaron un incremento constante, alcanzando valores sobre su normal de forma muy significativa, mientras que los caudales de los ríos de la costa centro y sur permanecieron dentro de sus valores normales. En la región del Altiplano, los caudales de los ríos se encontraron por debajo de lo normal (Figura 24).

Respecto a los volúmenes almacenados, estos se incrementaron a nivel nacional debido a la ocurrencia de lluvias en el mes de diciembre, las cuales fueron favorables para la costa norte, para revertir el déficit hídrico. Es así que Poechos a inicios de diciembre tenía un volumen de 97,5 hm³ (22,13 %) y al 31 de diciembre alcanzó un volumen de 108,4 hm³ (24,73 %). Tinajones pasó de su nivel más bajo de 89 hm³ (31,12 %) a 209,83 hm³ (73,39 %) al terminar el mes. Los embalses de la costa centro y el sur tuvieron un ligero aumento en sus volúmenes almacenados en la última semana de diciembre (Figura 25 y Tabla 3).

Impactos agrometeorológicos

En los aspectos agrometeorológicos, durante el mes de diciembre, en la costa norte, la prevalencia de temperaturas diurnas, dentro de su rango normal de variabilidad, favoreció la maduración del mango en los valles de San Lorenzo y Alto Piura (Piura), así como, la fructificación del mango Kent en las zonas productoras de Olmos, Motupe y Jayanca (Lambayeque). Por otro lado, en los valles arroceros de Lambayeque, como Chancay – Lambayeque y Jaquetepeque, las temperaturas máximas con valores cercanos a su normal, promovieron el avance de las fases vegetativas de los almácigos. En la costa sur, en la localidad de la Yarada (Tacna), se observó frutos del olivo con mayor crecimiento con respecto a los años anteriores, esto como producto de la prevalencia de noches frescas (Tabla 5).

IV. PRONÓSTICO

Considerando la tendencia de las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central, que se ajusta al patrón de la evolución de La Niña en esa región, además de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales (Tablas 6 y 7) y de acuerdo con el juicio experto de la Comisión Multisectorial ENFEN, se espera que la magnitud de La Niña en el Pacífico central cambie a una condición débil para febrero y tienda hacia una normalización en el otoño de 2021.

Para la región Niño 1+2 (frente a la costa norte y centro del Perú), se espera la llegada de ondas Kelvin frías hasta febrero (Figuras 24 a 26). 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, propiciaría el debilitamiento de las anomalías negativas de la temperatura del mar dentro del rango neutro frente a la costa peruana hasta inicios de otoño, sin descartar la ocurrencia de episodios cálidos localizados frente a la costa norte.

De acuerdo con el análisis descrito, se presentan cuadros de pronóstico probabilístico de juicio experto de las condiciones mensuales de la TSM entre enero y abril de 2021. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras entre enero y abril, aumentando de 58 % a 69 % durante el período. En paralelo, la probabilidad de las condiciones frías débiles se reduciría de 40 % a 14 %, mientras que la probabilidad de condiciones cálidas aumentaría progresivamente hasta 17 % en abril (Tabla 8). Para el Pacífico central, se estima una mayor probabilidad de condiciones frías moderadas en enero (57 %), y luego una mayor probabilidad de condiciones frías débiles para el resto del período (54 – 60 %), presentando un aumento progresivo de la probabilidad de condiciones neutras, hasta 34 % en abril (Tabla 9).

Se espera que La Niña en el Pacífico central continúe contribuyendo a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en gran parte de los sectores central y sur del país durante lo que resta del verano, especialmente en la zona andina. En la selva peruana no se descartaría episodios de lluvia superiores a sus valores normales.

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”, ya 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 hasta abril, inclusive.

Por su parte, La Niña en el Pacífico central tenderá a debilitarse en lo que resta del presente verano. Sin embargo, continuaría contribuyendo a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en gran parte de los sectores central y sur del país durante lo que resta del verano, especialmente en la zona andina. En la selva peruana no se descartaría episodios de lluvia superiores a sus valores normales.

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.Grodk, 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 europaea*) 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](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. 2020. Escenario probabilístico de lluvias para el verano 2021. Informe técnico N°14-2020/ SENAMHI-DMA-SPC. Link: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-1.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/pp.4.90.

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.

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 (*Mangifera 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 (en azul) y sus anomalías (en rojo) en las regiones El Niño en el Pacífico durante los últimos 6 meses. Fuente: DIHIDRONAV.

TSM - ATSM Mensual 2020								
R. Niño	Niño 4		Niño 3.4		Niño 3		Niño 1+2	
Dic	27,7	-0,8	25,5	-1,0	24,4	-0,8	22,2	-0,7
Nov	27,9	-0,7	25,3	-1,3	23,8	-1,2	20,9	-0,7
Oct	27,9	-0,8	25,3	-1,4	23,6	-1,3	19,6	-1,2
Set.	28,3	-0,4	25,8	-1,0	23,6	-1,3	19,5	-0,9
Ago.	28,5	-0,2	26,2	-0,6	24,5	-0,6	19,8	-1,0
Jul.	28,9	+0,1	26,9	-0,3	25,1	-0,5	20,5	-1,2
Jun.	29,1	+0,2	27,3	-0,4	25,8	-0,7	22,1	-0,7
May.	28,9	+0,2	27,6	-0,2	26,9	-0,2	24,4	+0,1

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 noviembre de 2020, así como sus valores temporales para diciembre de 2020 y enero de 2021. Climatología de SSTOI. Fuente IGP.

Valores del Índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
ene-20	-0,16	Neutro	0,53	C. Débil
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
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
dic-20	-0,92	Neutro	-1,17	Fría Moderada
ene-21	-0,94	Neutro	-1,08	Fría Moderada

Tabla 3. Desembarque (t) de la anchoveta en la región norte – centro durante el mes de diciembre 2020. Fuente: IMARPE.

Especie/Flota/Región		Periodo del 12 de nov. Al 31 de dic 2020			
		Norte	Centro	N+C	%
Anchoveta	Fl. Acero	962 160	502 216	1 454 376	75
	Fl. Madera	459 842	35 030	494 872	25
Sub - Total		1 412 003	537 246	1 949 249	100
%		72	28	100	
Cuota (2 768 000 t) en la región N+C			70,1 %		

Tabla 4. Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de diciembre. Fuente ANA.

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa - Norte	Poechos	PECHP	31-Dic	Piura	438,30	108,4	24,73
Costa - Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	31-Dic	Piura	195,60	57,75	29,52
Costa - Norte	Tinajones	PEOT	31-Dic	Lambayeque	285,90	209,83	73,39
Costa - Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	31-Dic	La Libertad	366,60	124,28	33,9
Costa - Centro	Viconga	STATKRAFT PERU S.A.	31-Dic	Lima	30,00	5,50	18,33
Costa - Centro	Ccaracocha	PETACC	31-Dic	Ica	40,00	17,91	44,78
Costa - Centro	Choclococha	PETACC	31-Dic	Ica	131,10	41,08	31,33
Costa - Sur	Condoroma	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	259,00	90,69	35,02
Costa - Sur	Pañe	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	99,60	62,25	62,50
Costa - Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	9,10	1,16	12,75
Costa - Sur	Pillones	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	78,50	76,97	98,05
Costa - Sur	El Frayle	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	127,20	76,22	59,92
Costa - Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	31-Dic	Arequipa	30,40	26,91	88,52
Costa - Sur	Chalhuanca	EGASA	31-Dic	Arequipa	25,00	11,5	46,00
Costa - Sur	Bamputañe	EGASA	31-Dic	Arequipa	40,00	14,07	35,18
Costa - Sur	Pasto Grande	PERPG	31-Dic	Moquegua	200,00	145,17	72,59
Costa - Sur	Represa Paucarani	PET	31-Dic	Tacna	10,50	5,38	51,24
Costa - Sur	Represa Jarumas	PET	31-Dic	Tacna	12,50	10,91	87,28
Costa - Sur	Aricota	EGESUR	31-Dic	Tacna	280,00	203,94	72,84
Sierra - Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S.A.	31-Dic	Junín	441,00	47,75	10,83
Sierra - Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	31-Dic	Ayacucho	80,00	11,97	14,96
Sierra - Sur	Lagunillas	PELTC	31-Dic	Puno	585,10	493	84,26
Sierra - Sur	Sibinacocha	EGEMSA	31-Dic	Cusco	110,00	46,43	42,21
Situación Nacional					3 875,40	1 889,07	48,75

Tabla 5. Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de diciembre del 2020. Fuente: SENAMHI.

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLÓGICA	ESTADO	OBSERVACIONES
MANGO	Tumbes	Cañaveral	Criollo		Maduración	Bueno	Se observó poca fruta en los árboles. En lagunas plantaciones, el periodo de cosecha está por finalizar
	Piura	Chulucanas	Edward		Maduración	Bueno	
	Piura	Bigote	Criollo		Maduración	Bueno	
	Lambayeque	Olmos	Edward		Fructificación	Bueno	En algunas parcelas de variedad Edward, la fase de maduración y la cosecha iniciaron en la quincena de diciembre
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Fructificación	Bueno	
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Fructificación	Bueno	
	Ica	palpa	Criollo		Fructificación	Bueno	
	Ica	Huallpoca	Criollo		Maduración	Bueno	
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43				
	Piura	Partidor	Mallares				
	Piura	Morropón	Mallares				
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	12/07/2020	Maduración lechosa	Bueno	
	Lambayeque	Puchaca	La Puntilla	22/07/2020	Maduración pastosa	Bueno	
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43	31/12/2020	Emergencia	Bueno	
	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	Macollaje		Se realizó el abonamiento al suelo
	Arequipa	Ocoña	ir-43	09/11/2020	Macollaje		
OLIVO	Moquegua	Ilo	Sevillana				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Fructificación	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.

	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-0,97	-0,77	-0,57	-0,42	-0,35	-0,35	-0,38
CanCM4i		-0,99	-0,80	-0,68	-0,61	-0,54	-0,40	-0,33
GEM_NEMO		-1,07	-0,94	-0,76	-0,64	-0,59	-0,59	-0,59
GFDL		-0,80	-0,45	-0,05	0,30	0,61	0,71	0,62
NASA		-1,72	-2,19	-2,38	-2,20	-1,81	-1,35	-0,98
GFDL_FLOR		-0,87	-0,62	-0,39	-0,14	0,14	0,45	0,77
NCAR_CCSM4		-1,12	-1,12	-1,12	-1,04	-0,97	-0,98	-1,08
NMME		-1,08	-0,98	-0,85	-0,68	-0,50	-0,36	-0,28
ONItmp	-1,17							

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	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-1,06	-0,96	-0,65	-0,28	0,02	0,24	0,29
CanCM4i		-0,73	-0,57	-0,42	-0,39	-0,30	-0,19	-0,20
GEM_NEMO		-0,74	-0,59	-0,36	-0,19	0,09	0,36	0,32
GFDL		-0,91	-0,90	-0,76	-0,44	0,06	0,35	0,50
NASA		-1,12	-1,73	-2,27	-2,43	-2,05	-1,46	-0,91
GFDL_FLOR		-0,79	-0,66	-0,35	0,19	0,69	1,01	1,03
NCAR_CCSM4		-1,20	-1,28	-1,16	-1,14	-1,06	-1,03	-1,13
NMME		-0,94	-0,95	-0,85	-0,67	-0,36	-0,11	-0,01
ICENtmp	-0,92							

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) entre enero y abril 2021.

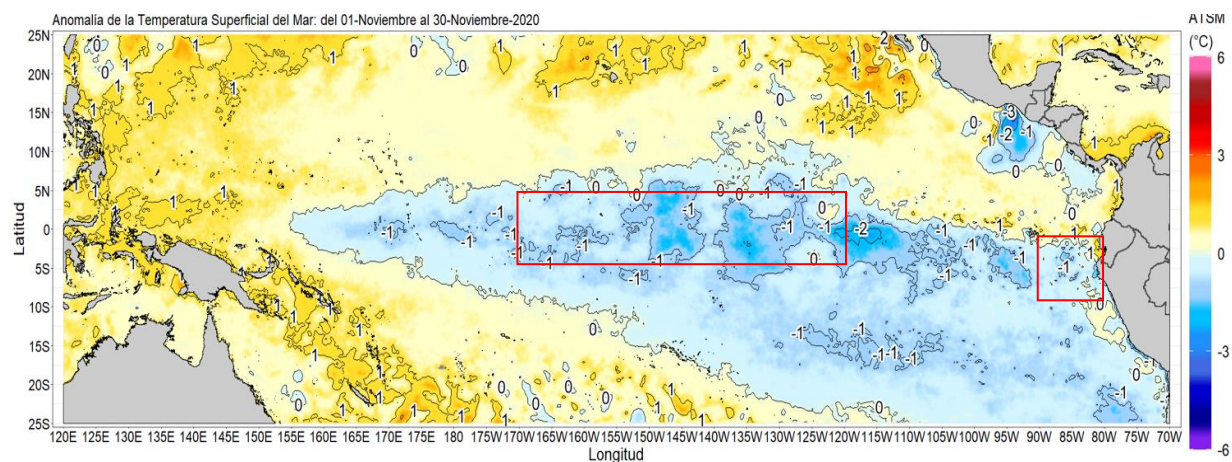
Pacífico oriental	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)	Abril (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	40	29	18	14
Neutro	58	62	67	69
Cálida débil	2	9	13	15
Cálida moderado	0	0	2	2
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre enero y abril 2021.

Pacífico central	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)
Fría fuerte	3	1	0	0
Fría moderada	57	43	25	8
Fría débil	39	54	60	57
Neutro	1	2	15	34
Cálida débil	0	0	0	1
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

VII. FIGURAS

a) Noviembre 2020



b) Diciembre 2020

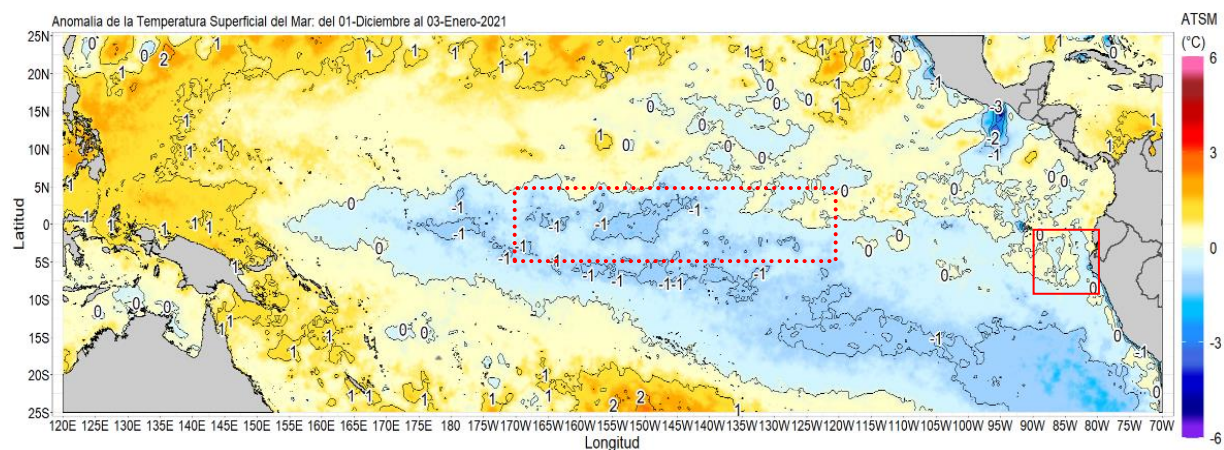


Figura 1. Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante noviembre (a) y diciembre 2020 (b). Las regiones El Niño 3.4 y El Niño 1+2 están delimitadas con los recuadros rojos. Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

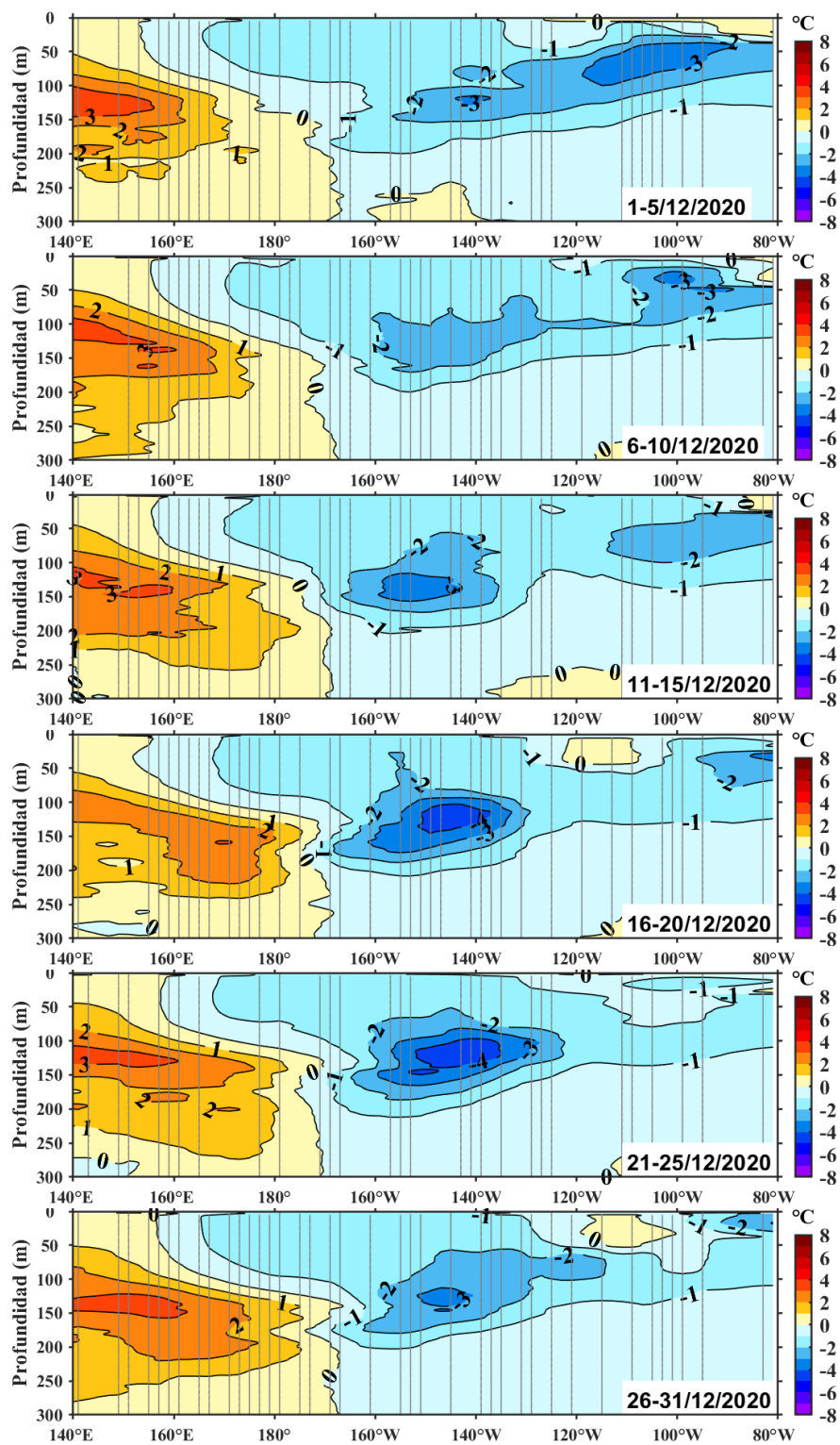


Figura 2. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico Ecuatorial (2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante diciembre de 2020 (las fechas indican el último día, los contornos están separados a 1 °C). Periodo base: 1981-2010. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Adaptado: PMEL/NOAA.

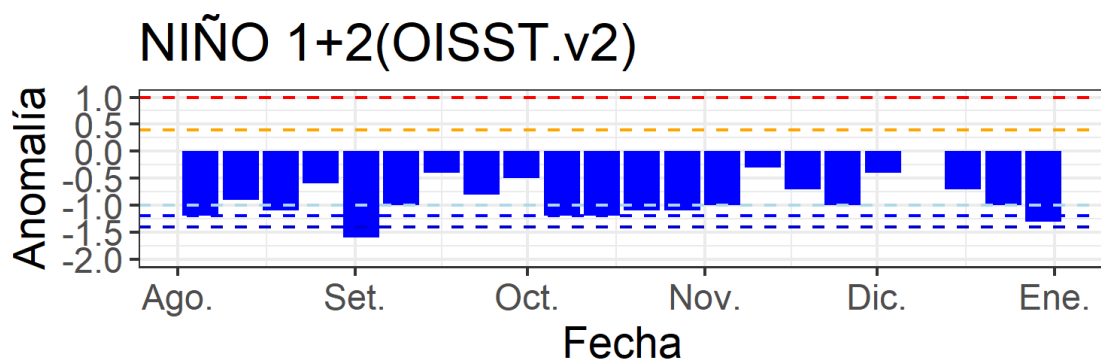
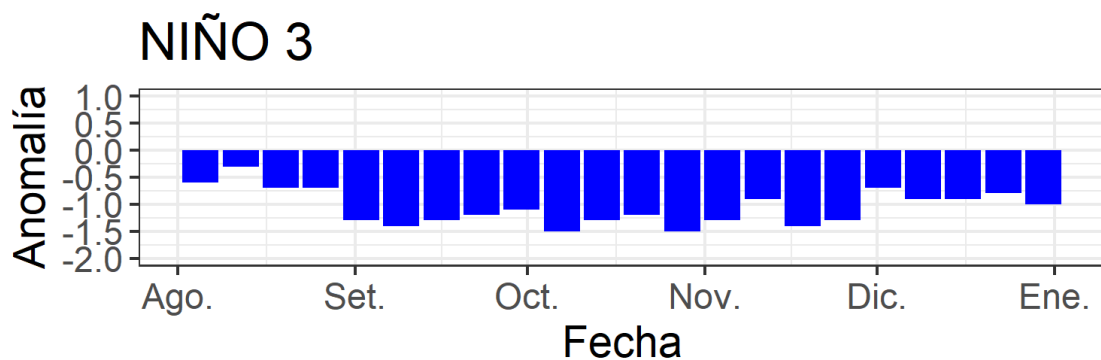
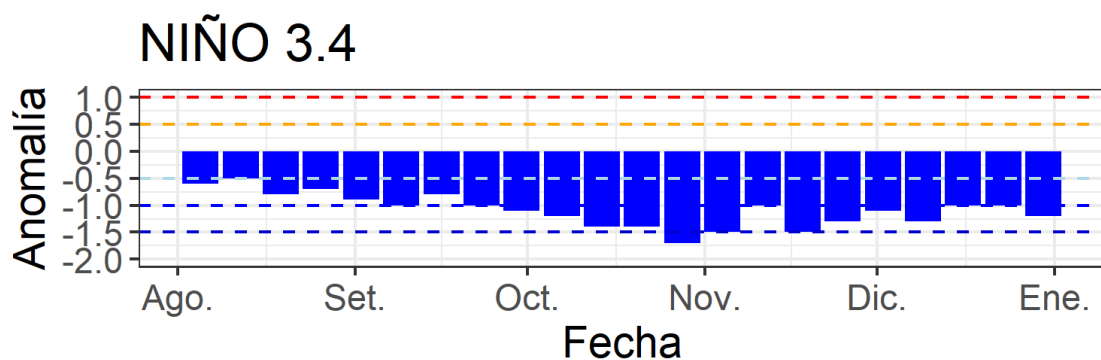
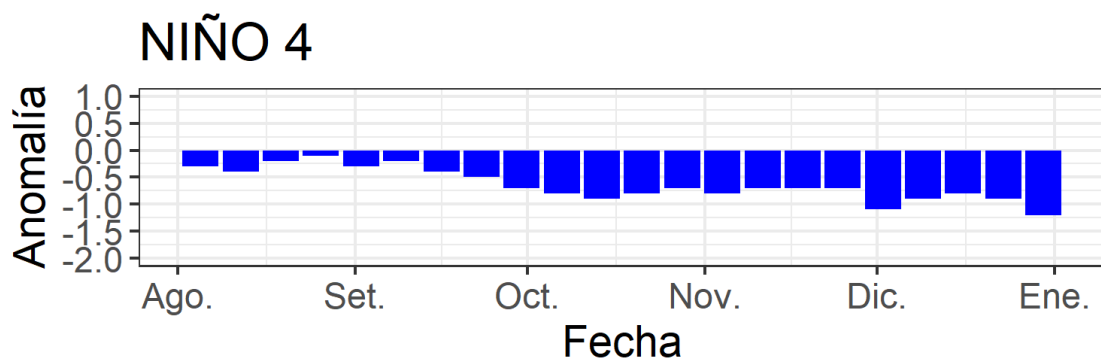


Figura 3. Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, de julio a diciembre del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV.

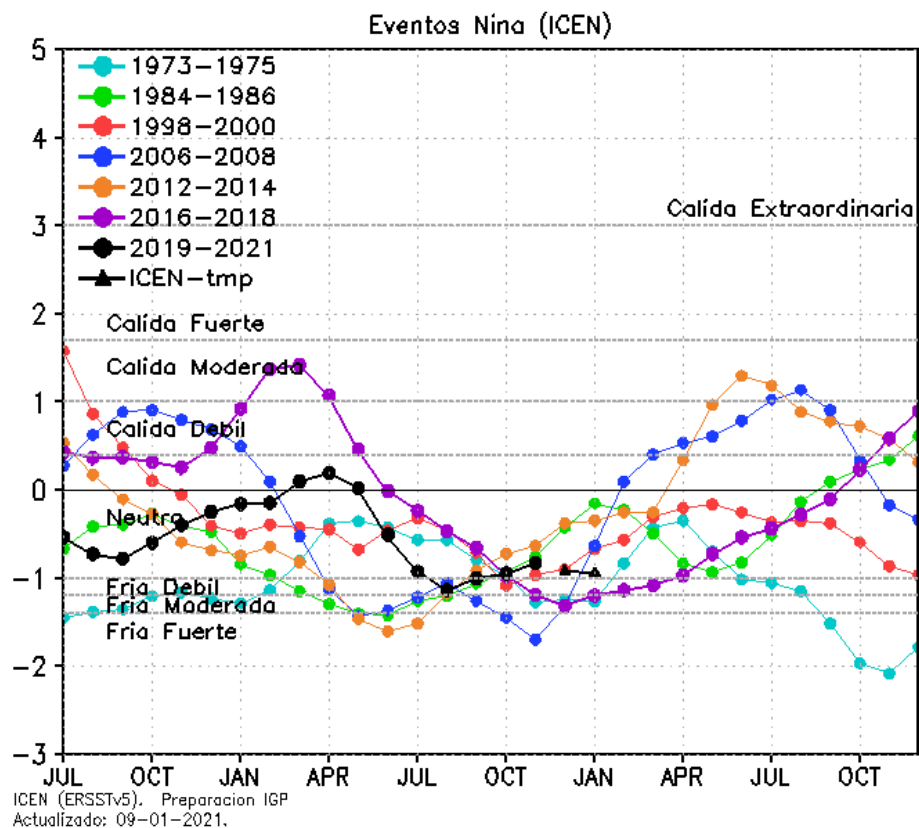


Figura 4. Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (verde), 1984-1986 (rojo), 1998-2000 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.

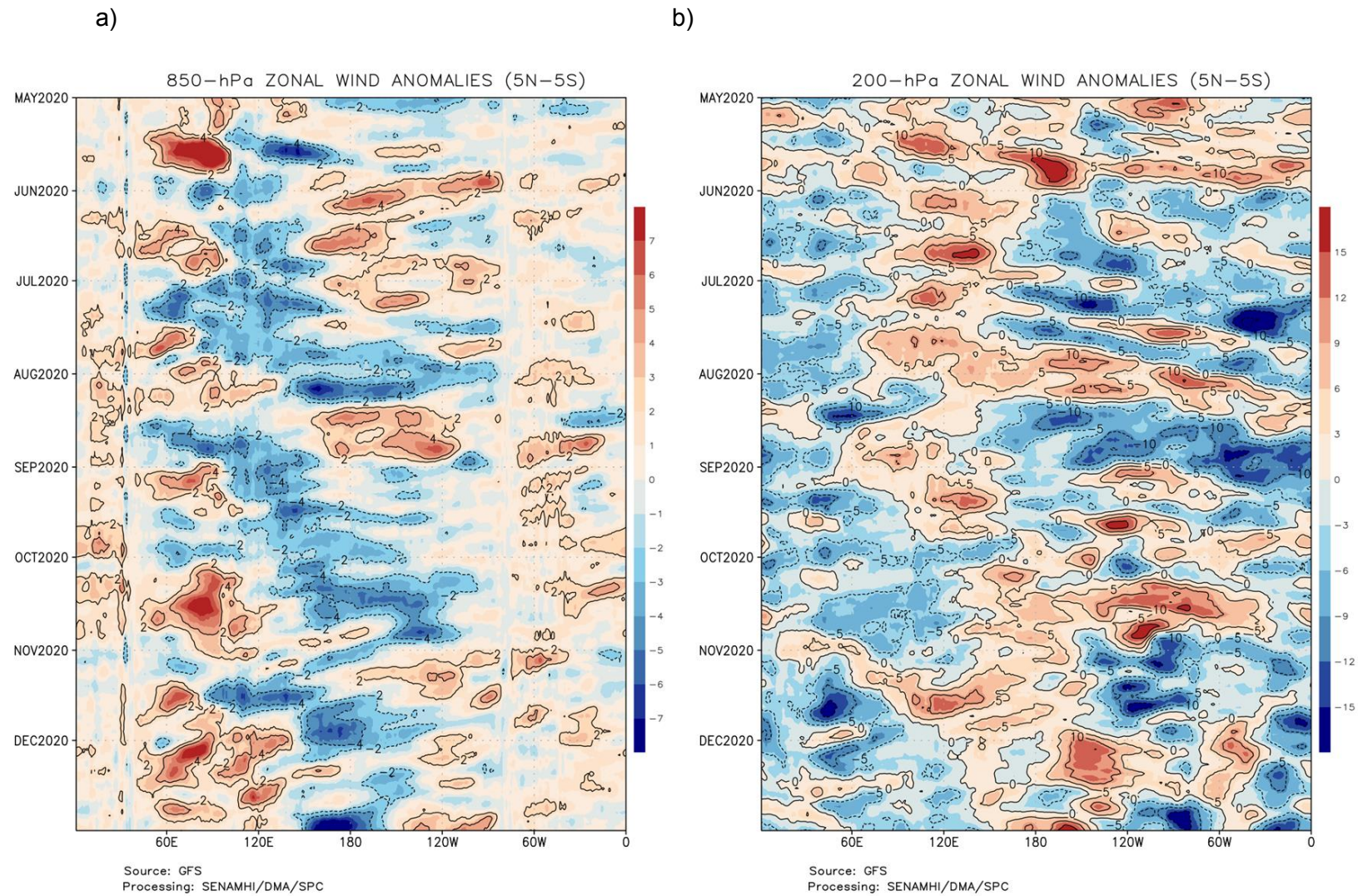


Figura 5. Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (a) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo a diciembre 2020. Procesamiento: SENAMHI.

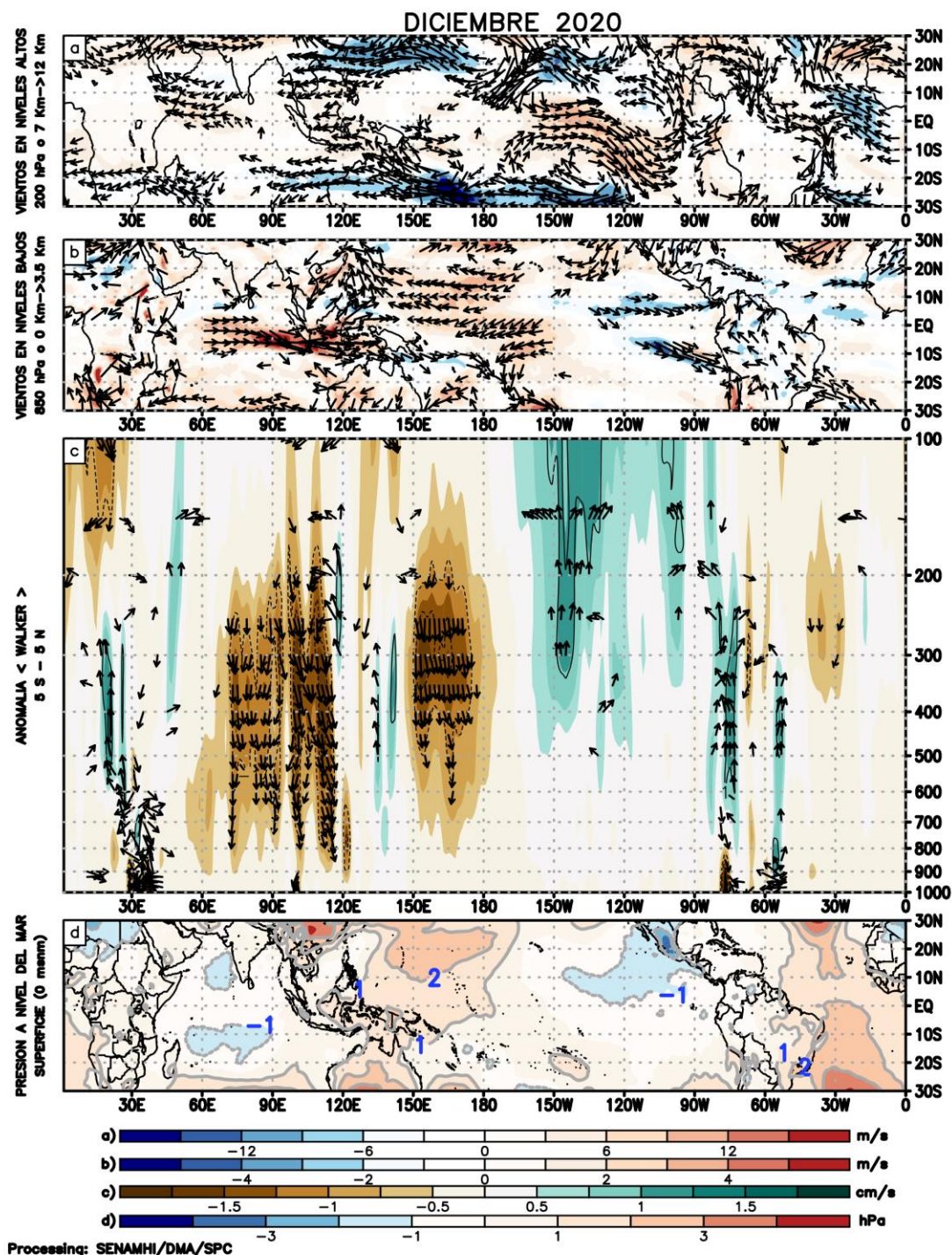


Figura 6. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de diciembre del 2020. (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de diciembre de 2020. (d) Anomalías de presión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

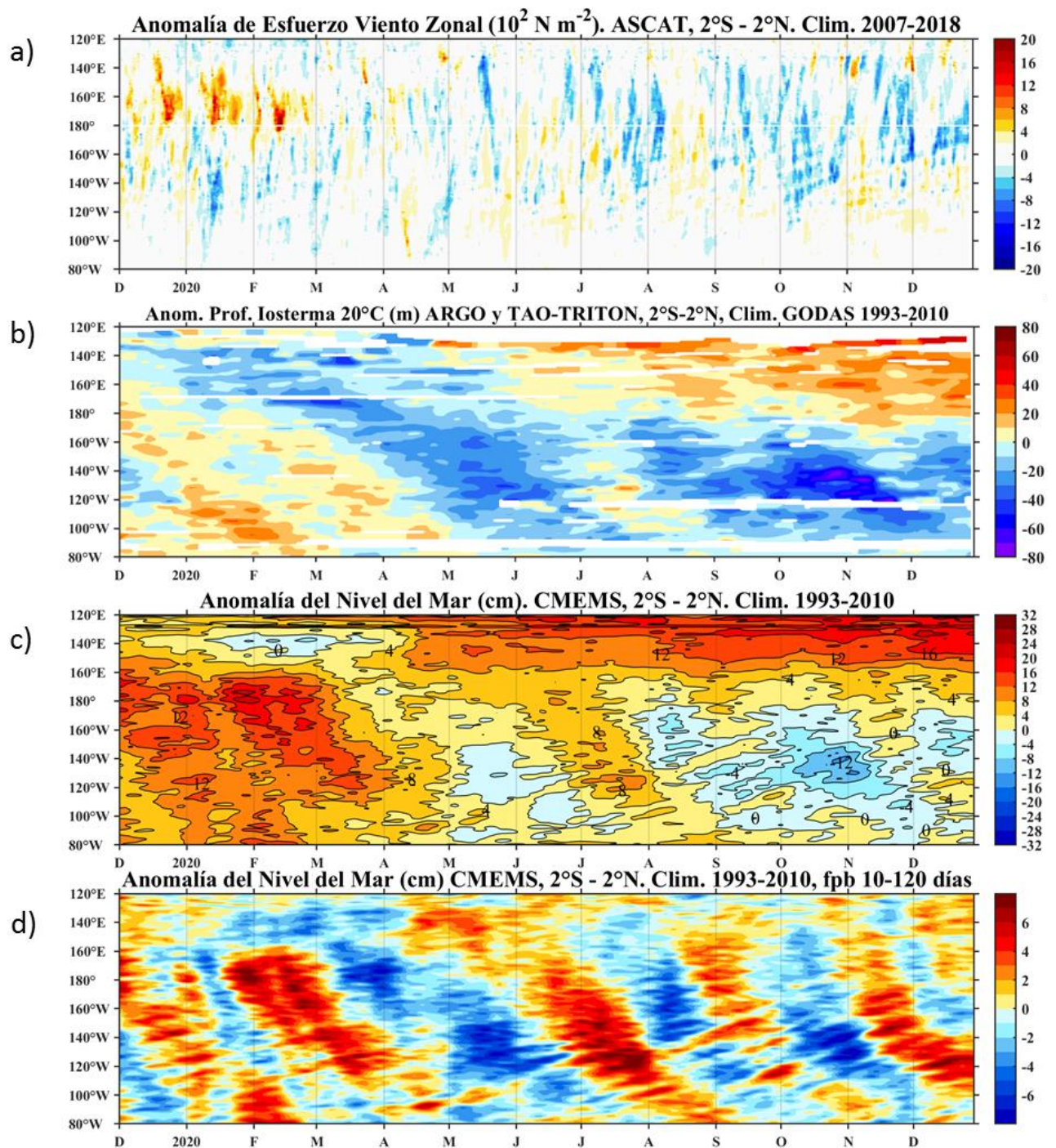


Figura 7. Diagrama Hovmöller de a) Anomalía del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalía del nivel del mar diario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

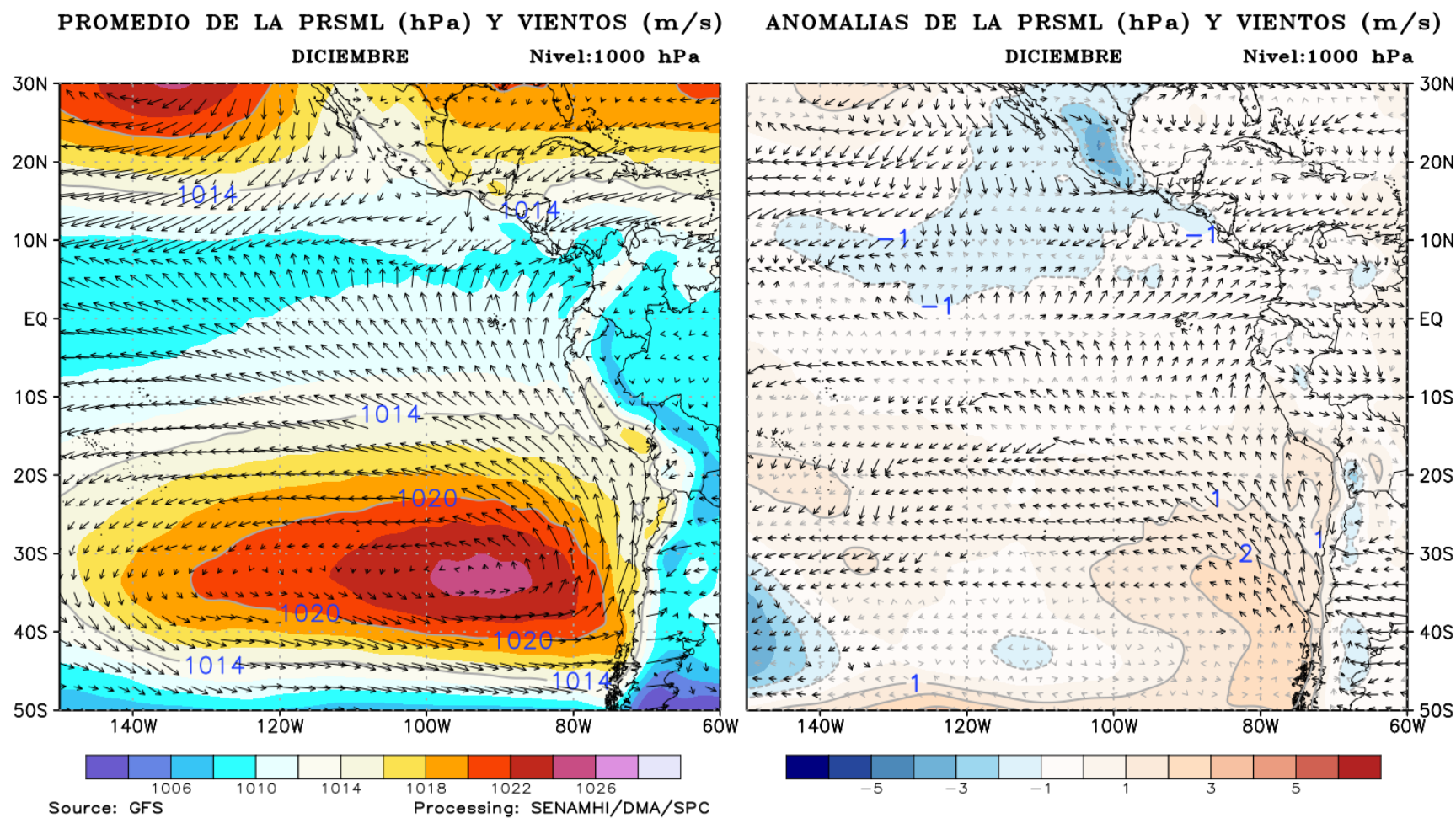


Figura 8. Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para diciembre 2020. Procesamiento: SENAMHI.

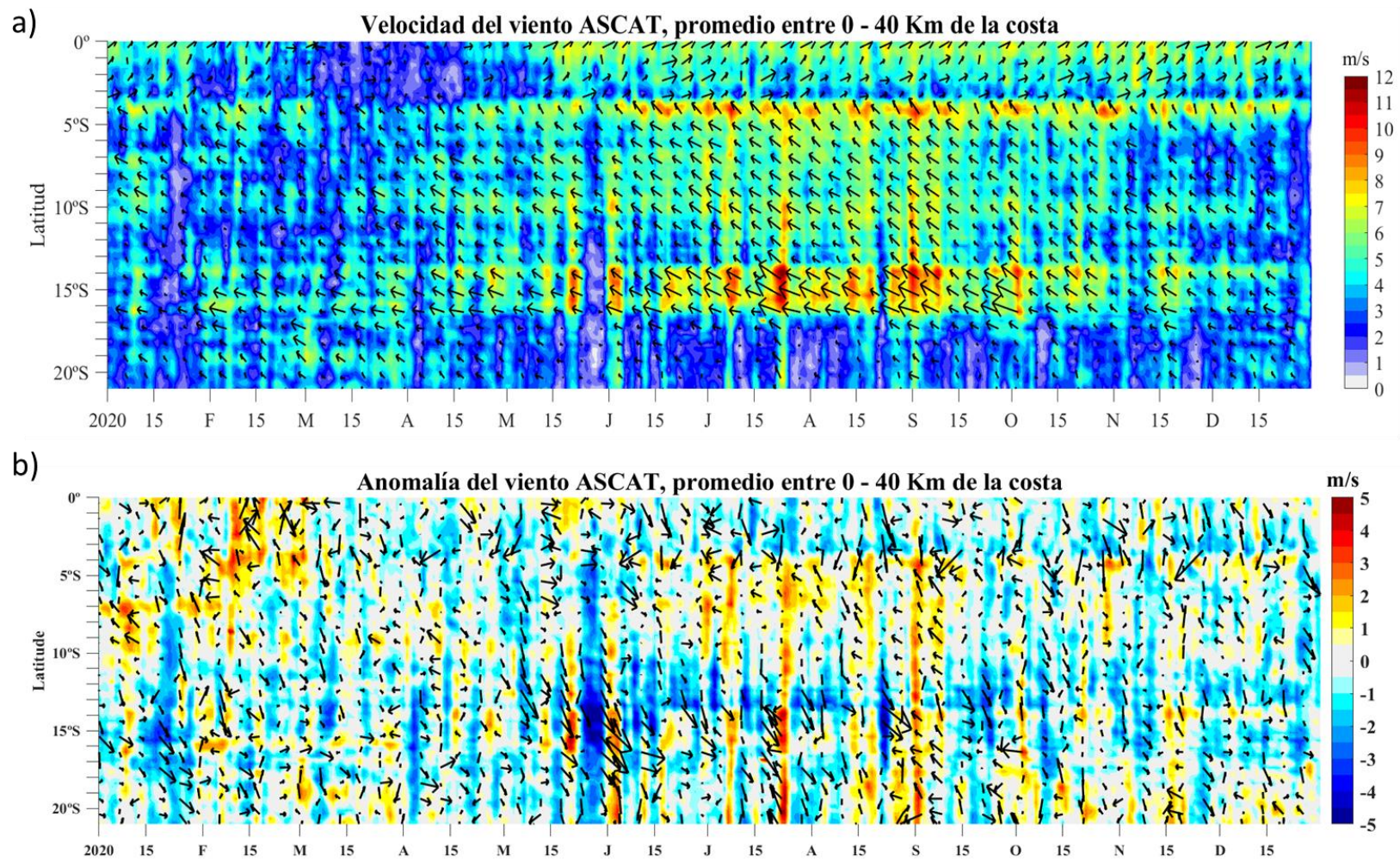


Figura 9. a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 31 de diciembre 2020. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

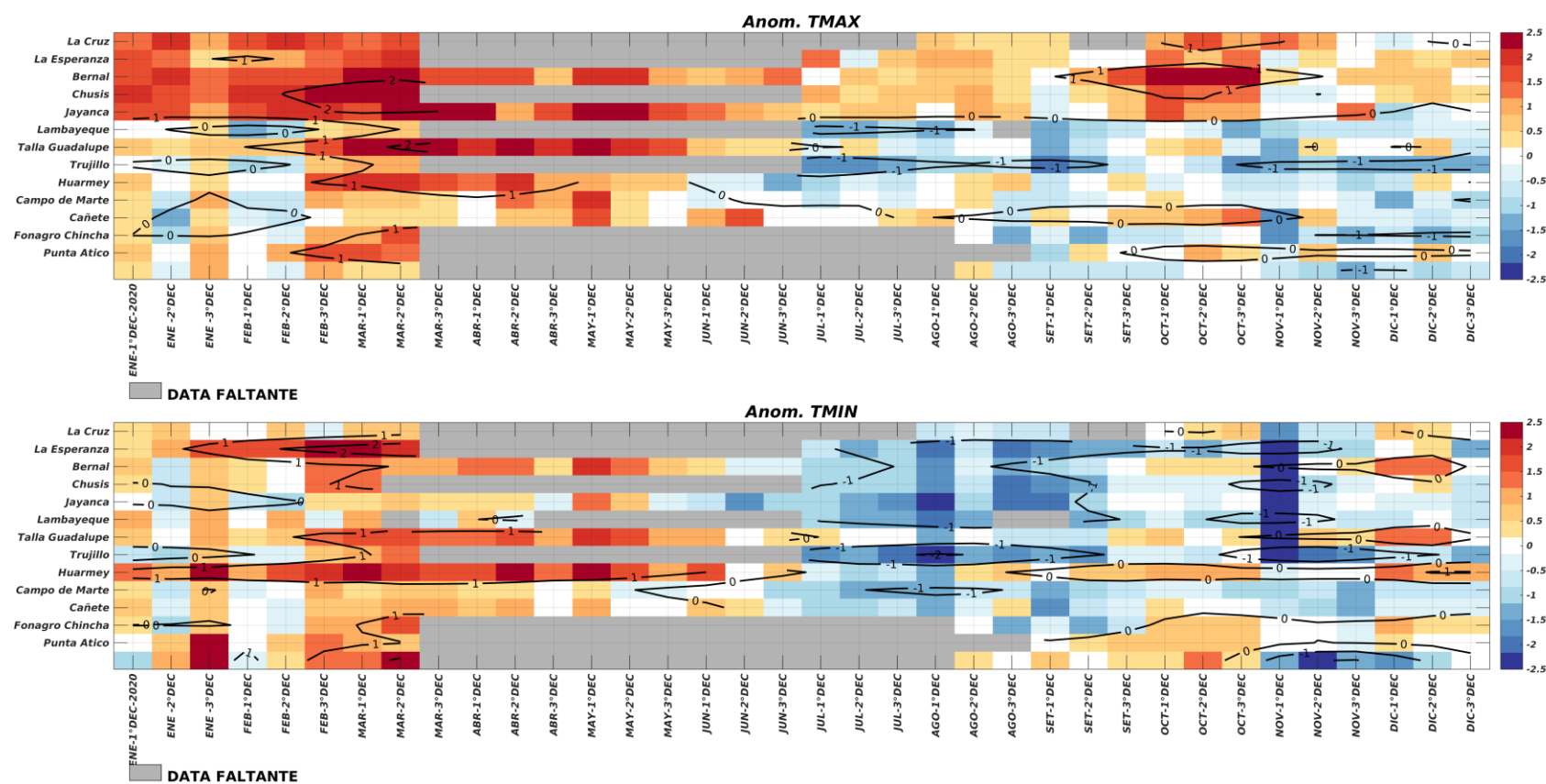
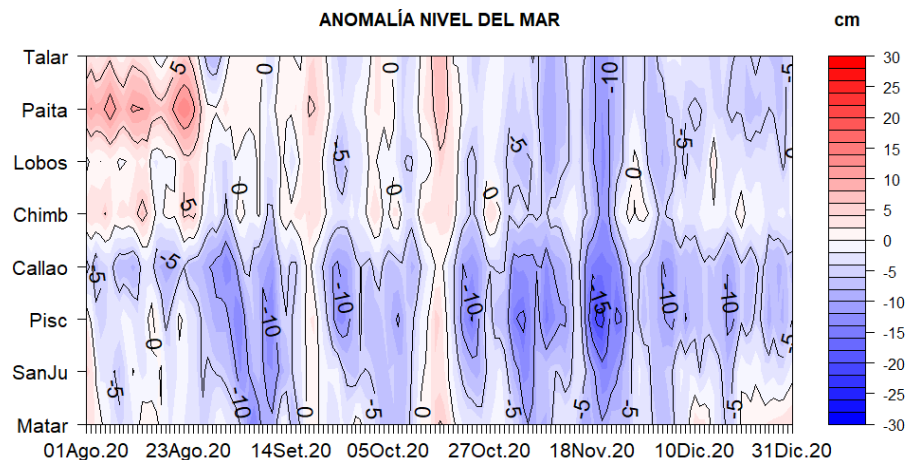
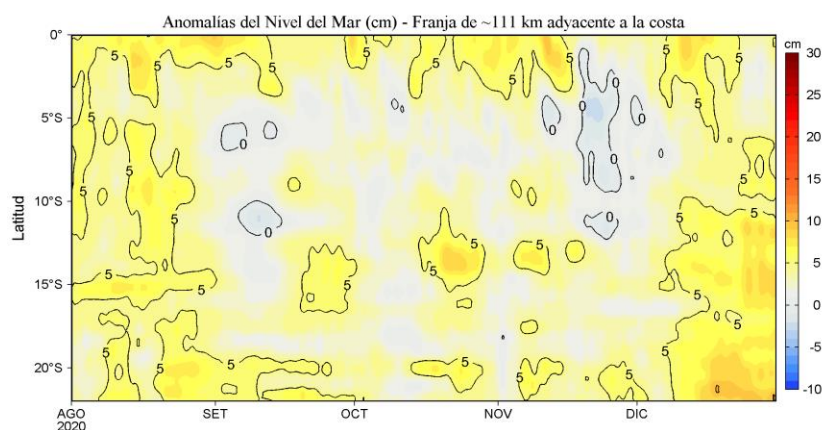


Figura 10. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI entre enero hasta diciembre 2020
Fuente: SENAMHI.

a)



b)



c)

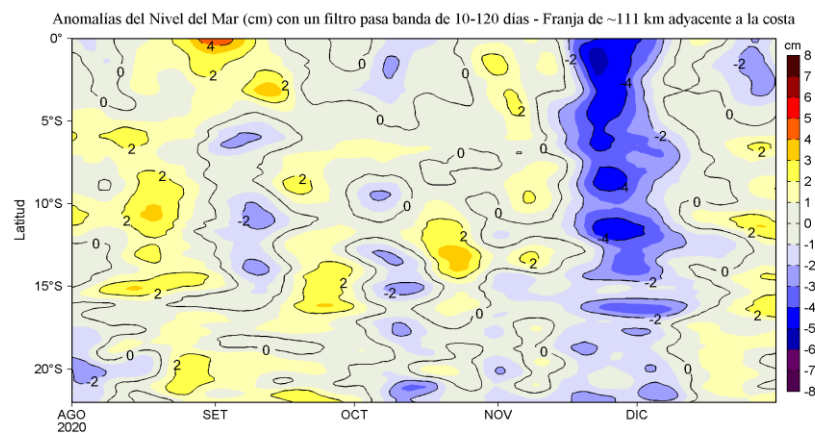


Figura 11. Anomalías del NMM, actualizado a fines de diciembre del 2020: a) Diagrama Hovmöller durante el último semestre en estaciones costeras de la DIHIDRONAV; b) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro; y c) con filtro pasa banda de 10 a 120 días, para la franja de 60 millas náuticas adyacente al litoral peruano. Fuente: CMEMS v3.0; Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

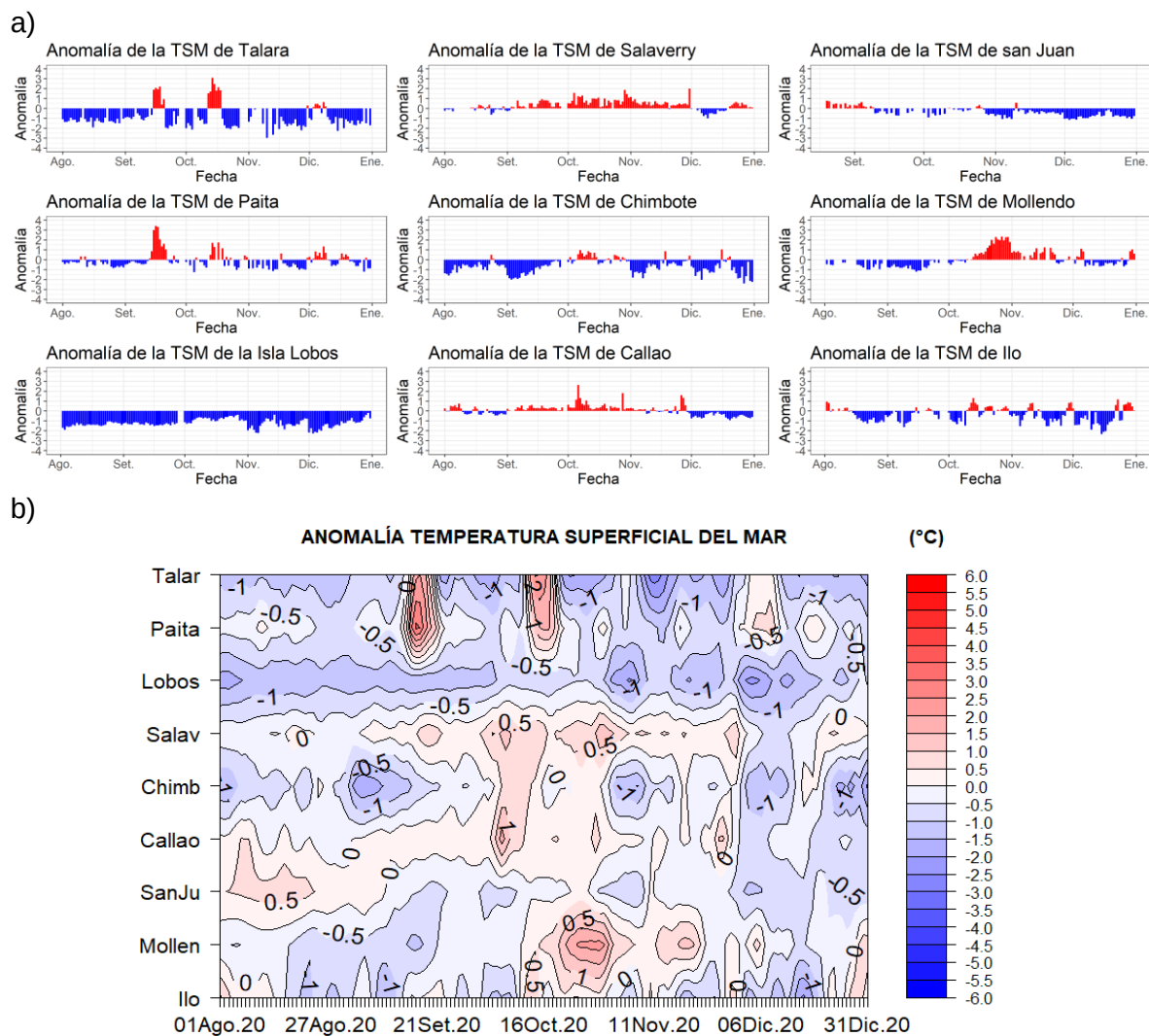


Figura 12. Anomalía de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie de tiempo; y b) diagrama Hövmoller. Actualizado al 31 de diciembre 2020. Climatología: 1981-2010. Fuente: DIHIDRONAV.

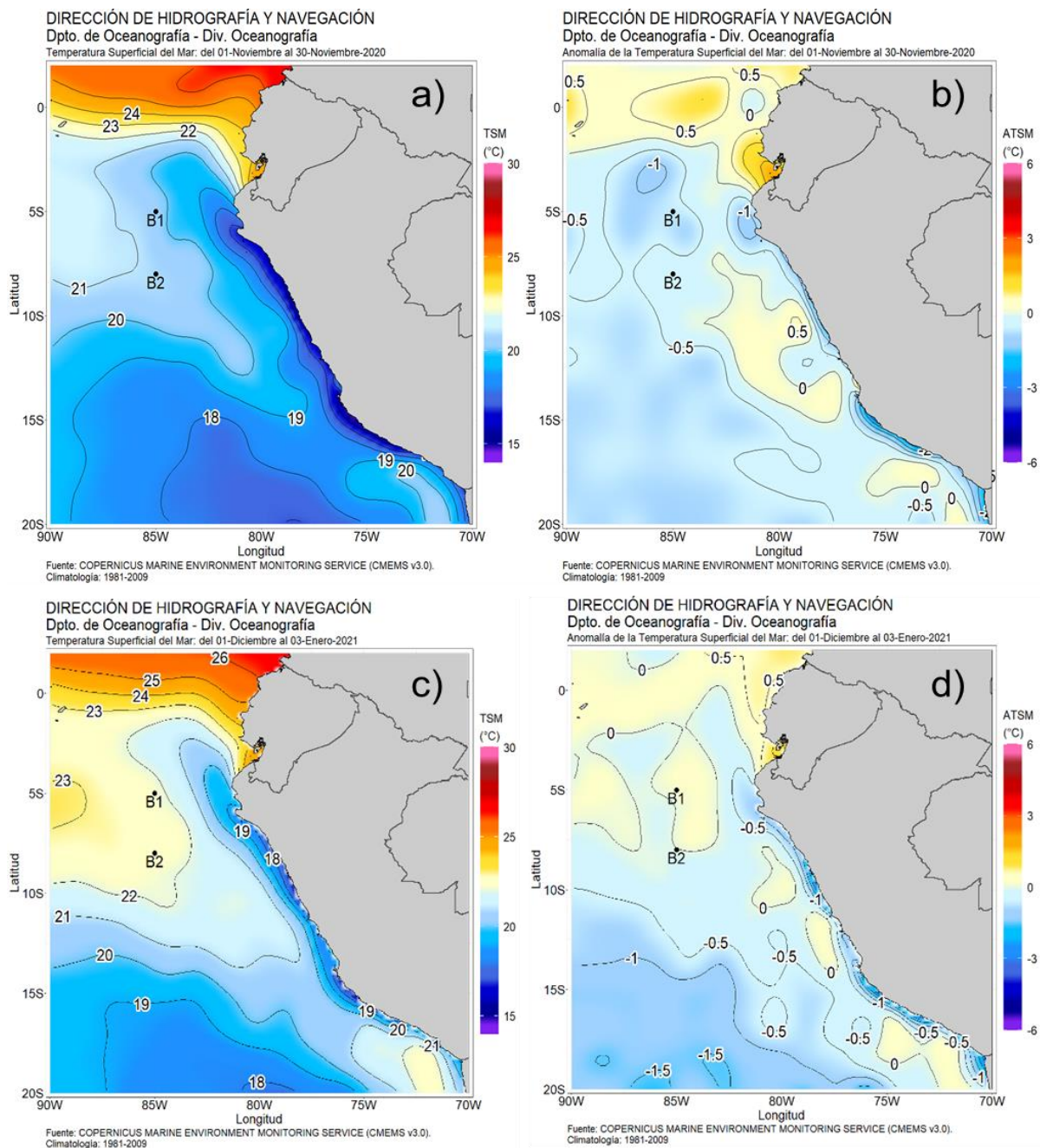


Figura 13. Mapa de distribución espacial de las temperaturas superficiales del mar (TSM, °C) (a, c), y de las Anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) (b, d) para noviembre (arriba) y diciembre (abajo) de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

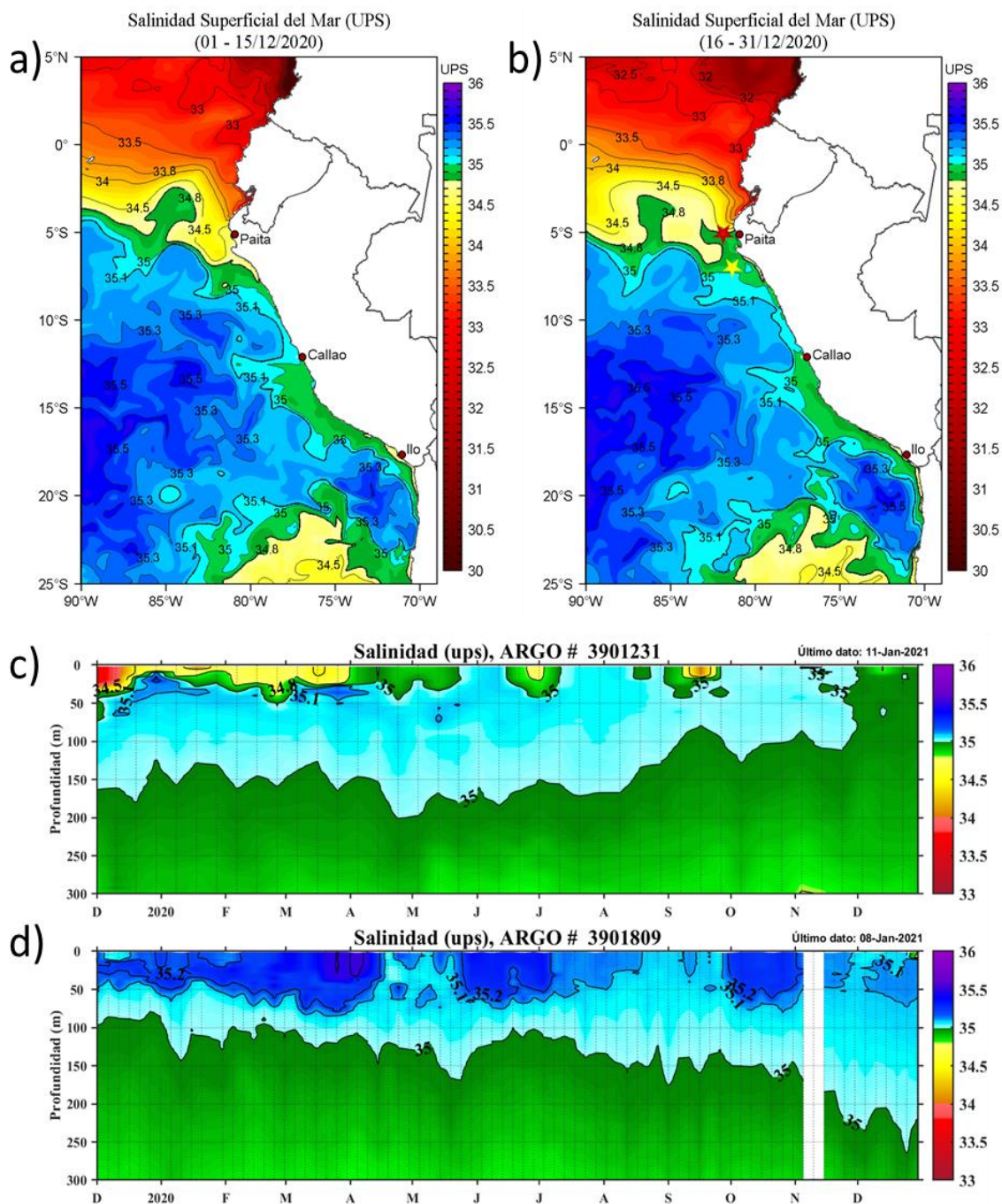


Figura 14. Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar (SSM UPS) para a) la primera quincena de diciembre y b) la segunda quincena de diciembre de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR. Evolución de la salinidad del agua de mar en los flotadores ARGO a) número 3901231 frente a Paíta (estrella roja en la Figura b), y b) número 3901809 frente a Chicama (estrella amarilla en la Figura b), fuente: ARGO, climatología: 1981-2010.

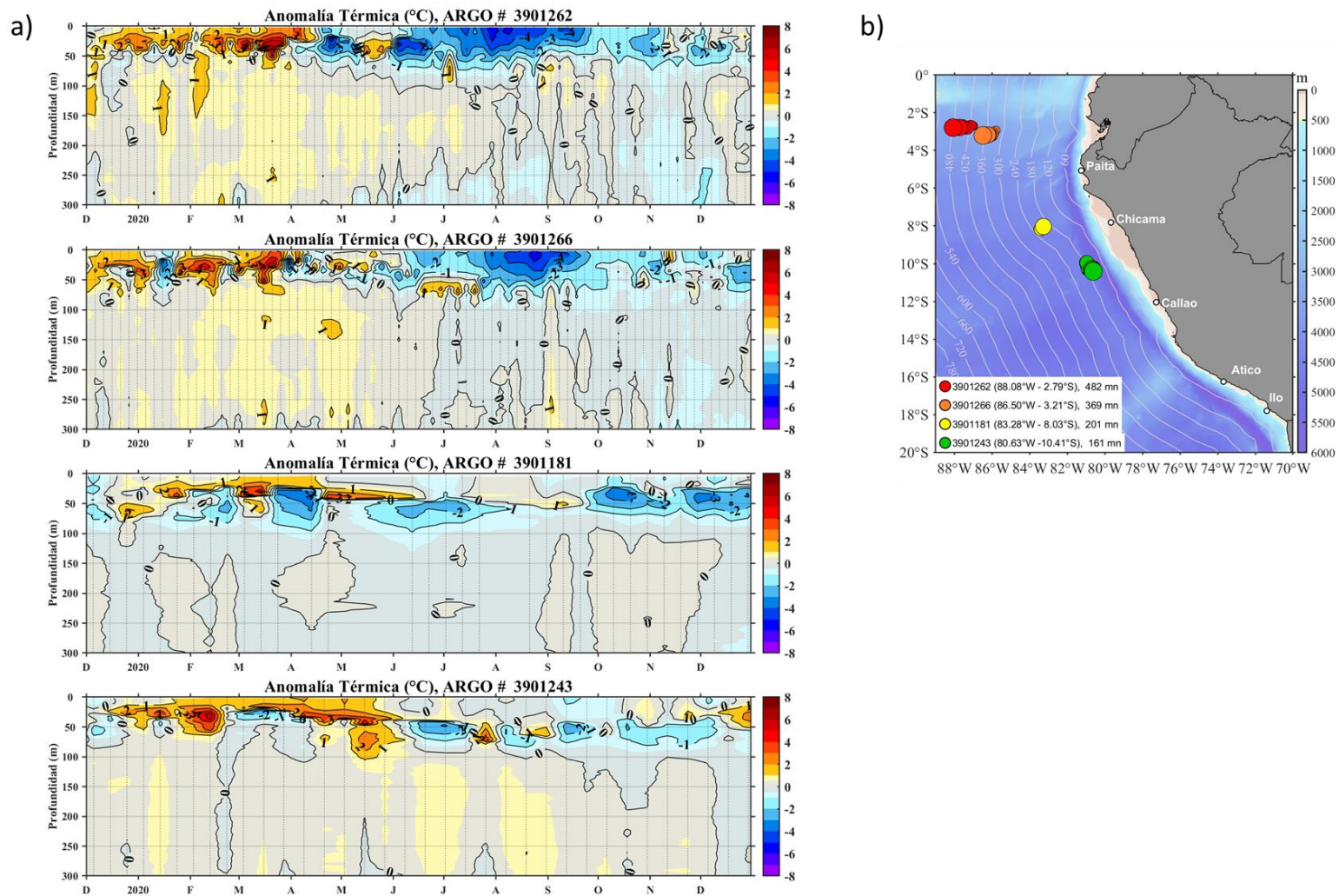


Figura 15. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO en la zona oceánica y b) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de diciembre donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: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

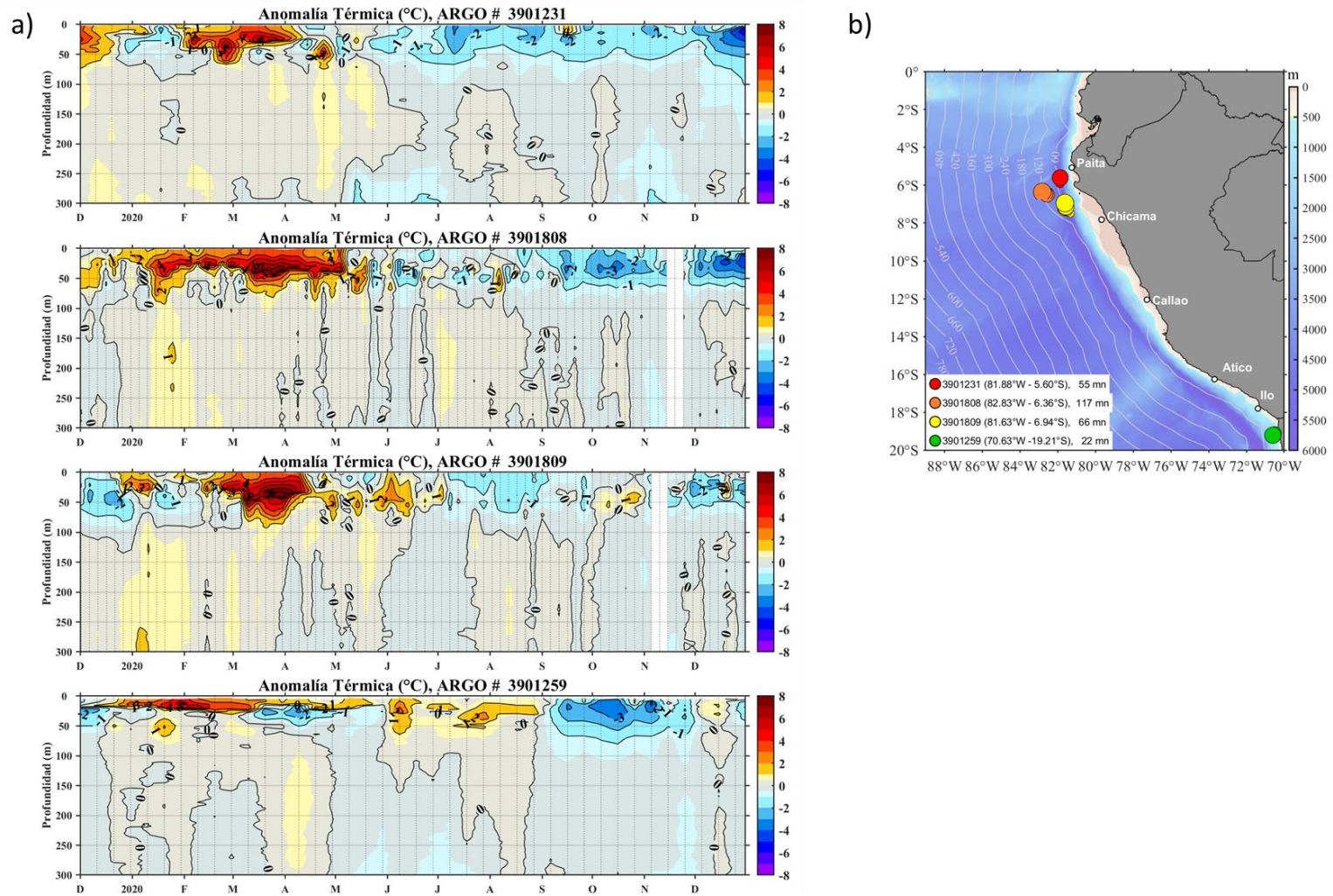


Figura 16. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO cerca a la costa y b) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de diciembre donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

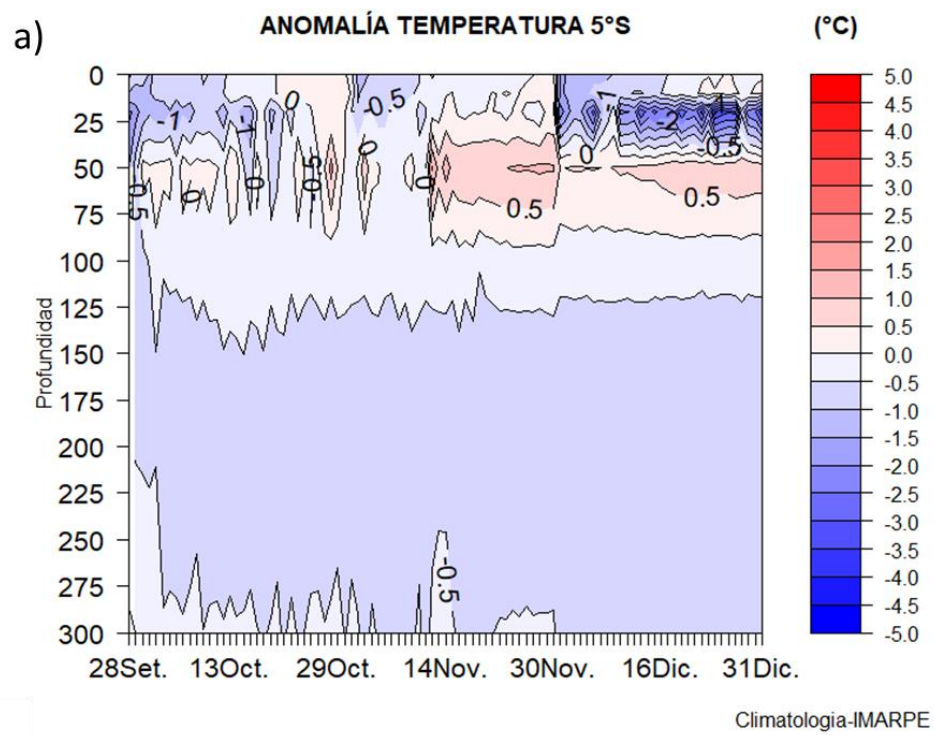
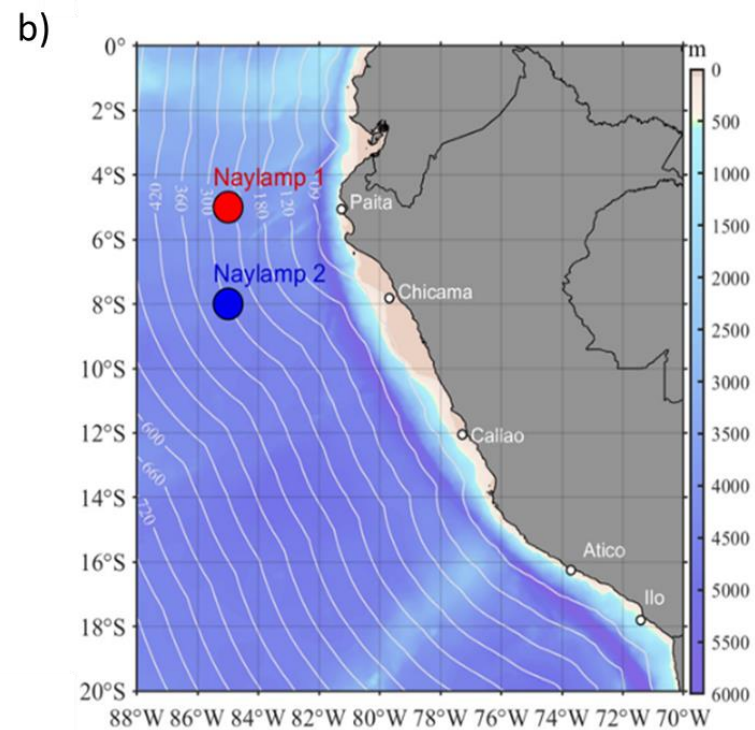


Figura 17. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar a) en la boya Naylamp 1, y b) ubicación de las boyas Naylamp 1 (85°W-5°S). Procesamiento: DHN.

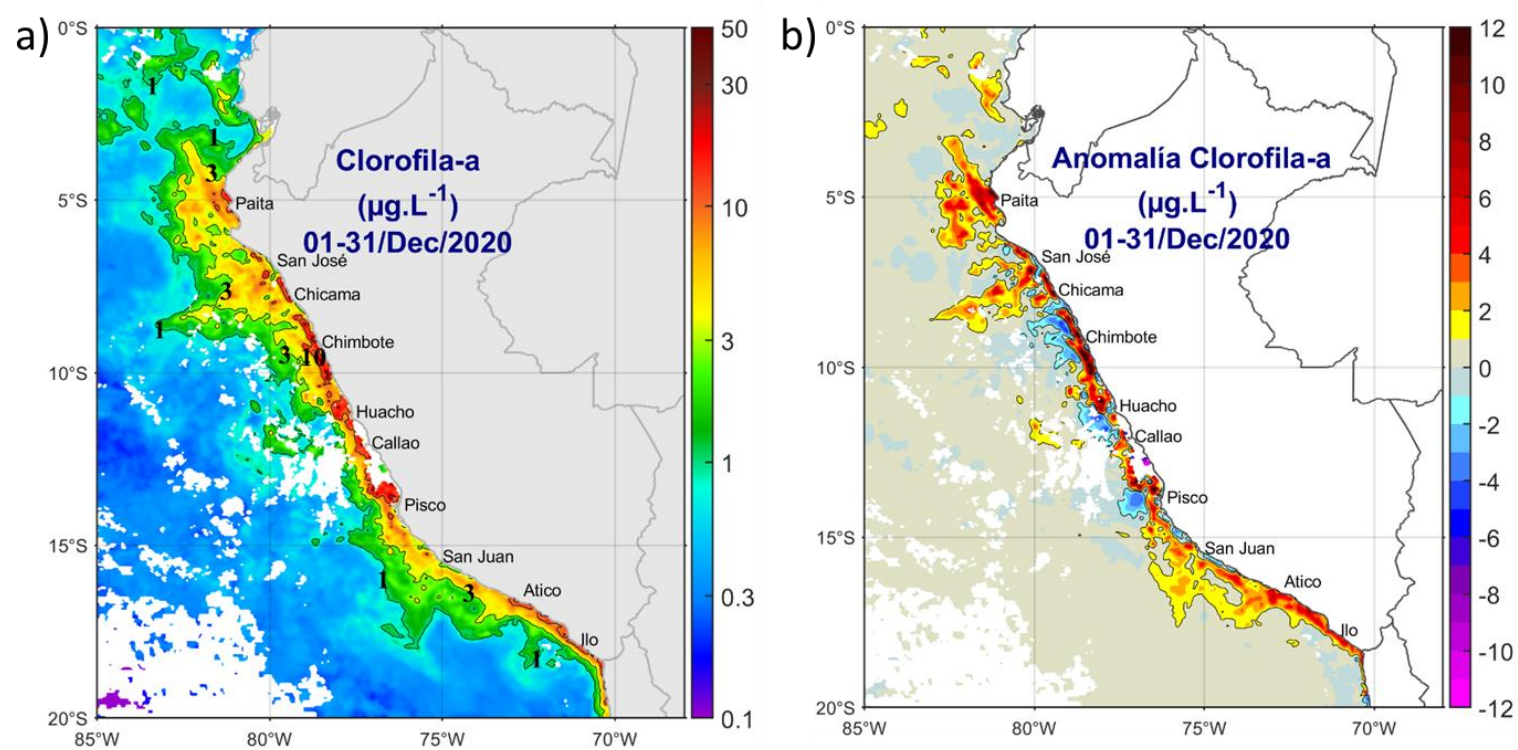


Figura 18. Mapa de la concentración de clorofila-a satelital (colores) superficiales de (a) y su anomalía (b) durante diciembre de 2020, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$). Fuente: IMARPE.

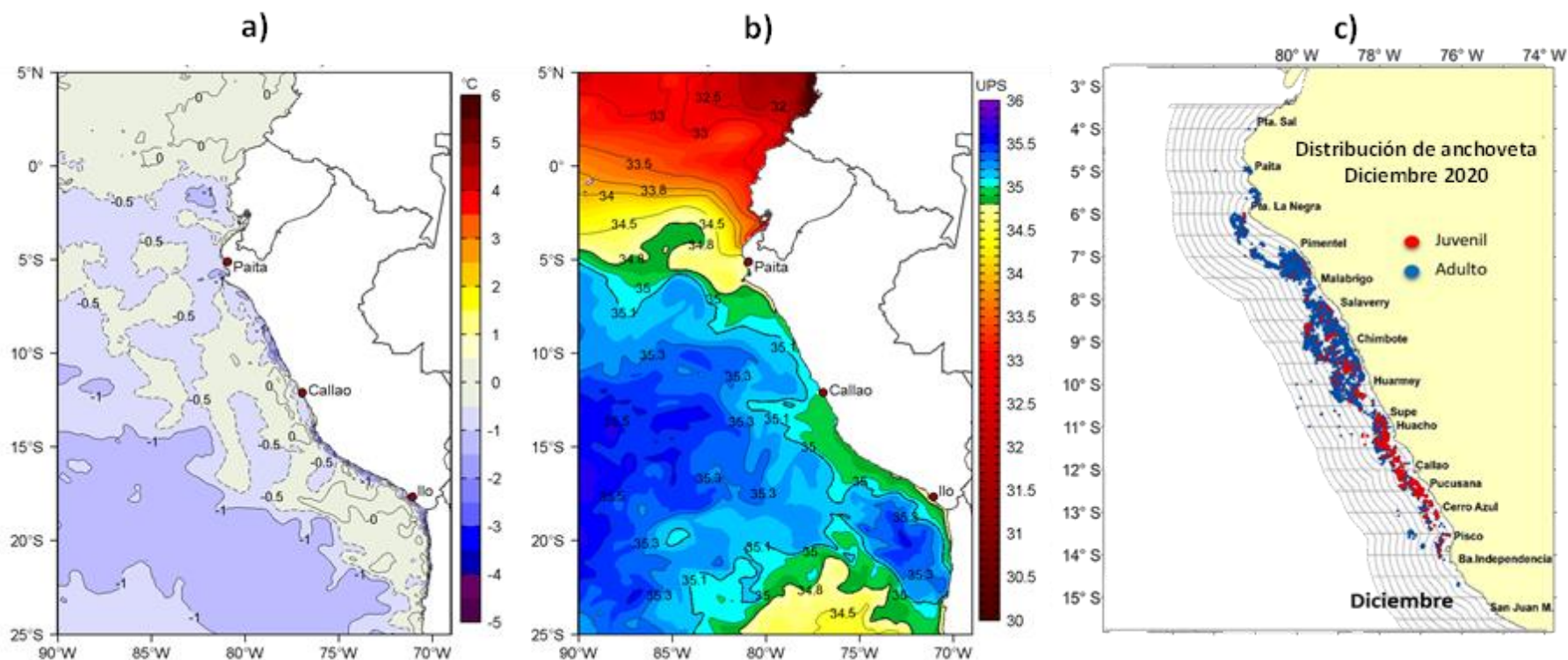


Figura 19. a) Temperatura superficial del mar - TSM (°C), b) Salinidad superficial del mar - SSM (ups) y c) Distribución de la anchoveta durante diciembre 2020 en la región norte – centro. Fuente: IMARPE.

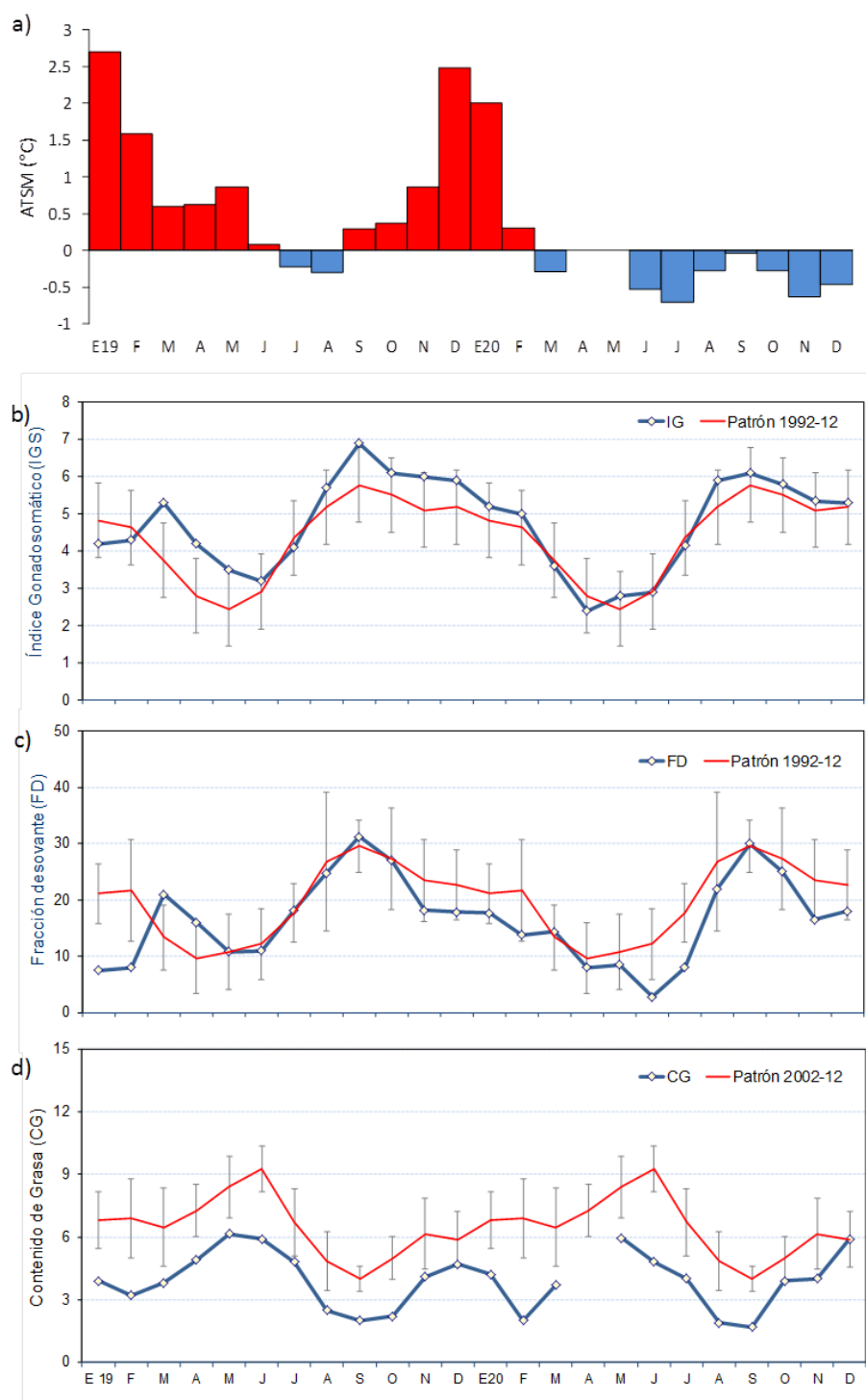


Figura 20. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama, indicadores reproductivos, b) Índice Gonadosomático, c) Fracción desovante e indicadores somáticos d) Contenido graso de anchoveta de la región norte centro durante el periodo enero 2019 y diciembre 2020. Fuente: IMARPE.

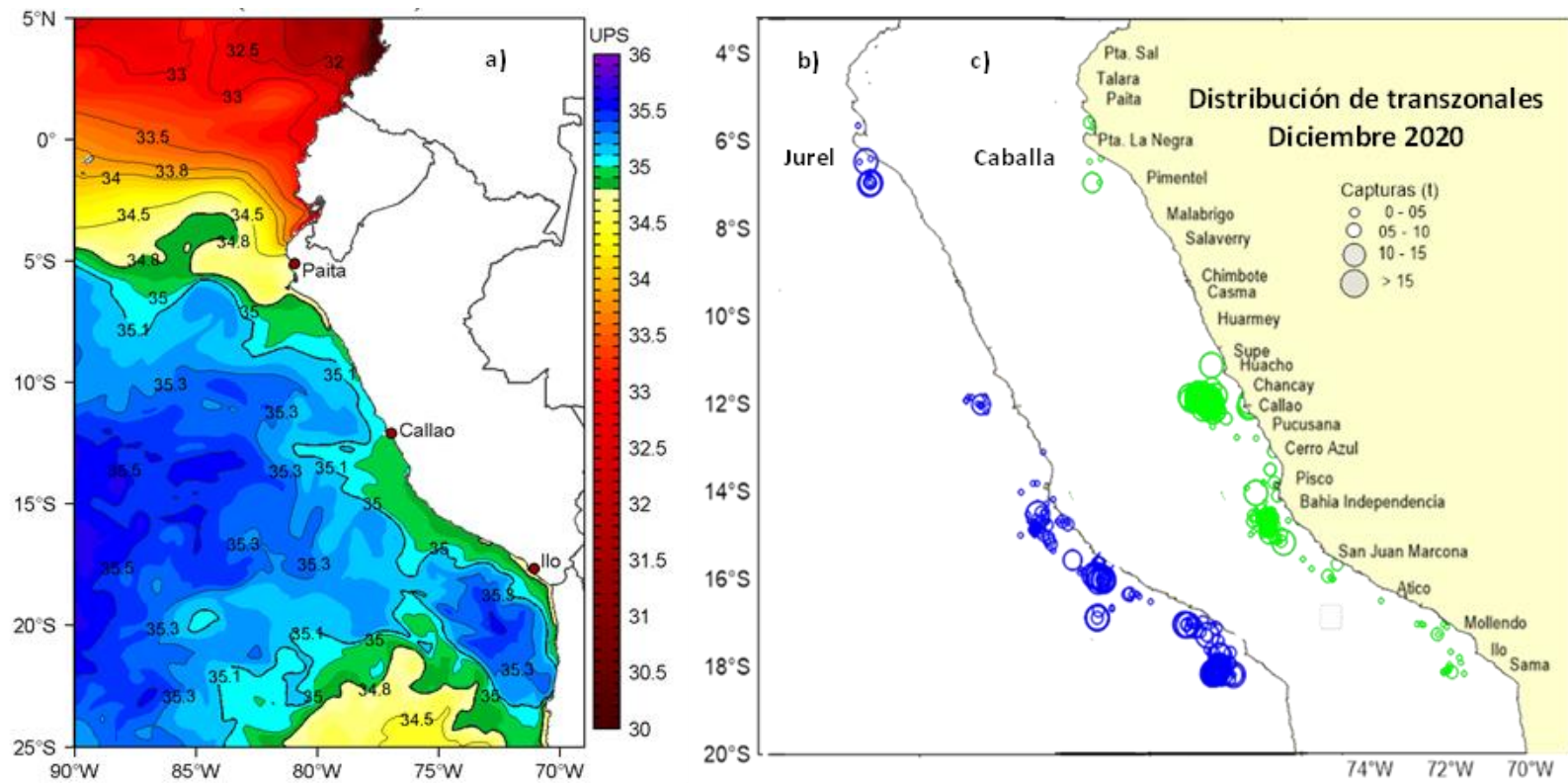


Figura 21. a) Salinidad superficial del mar (SSM) y distribución de b) jurel y c) caballa durante diciembre 2020.

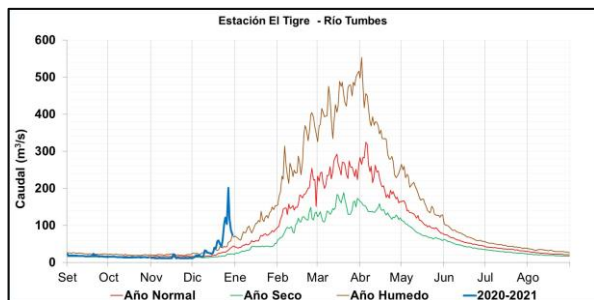
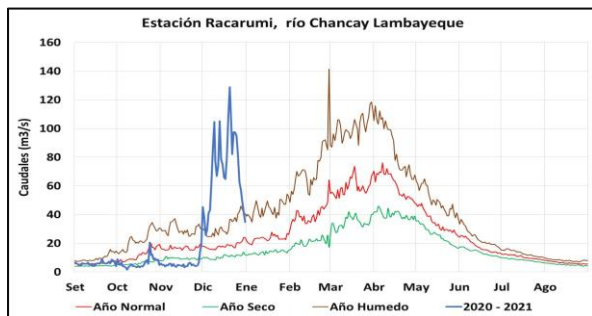
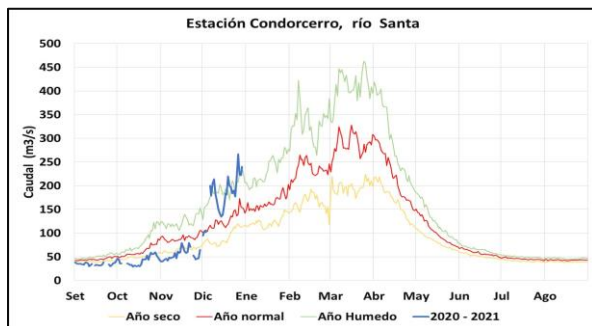
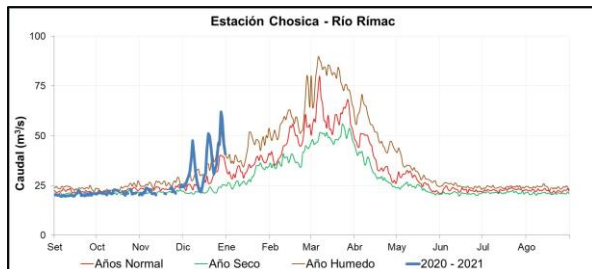
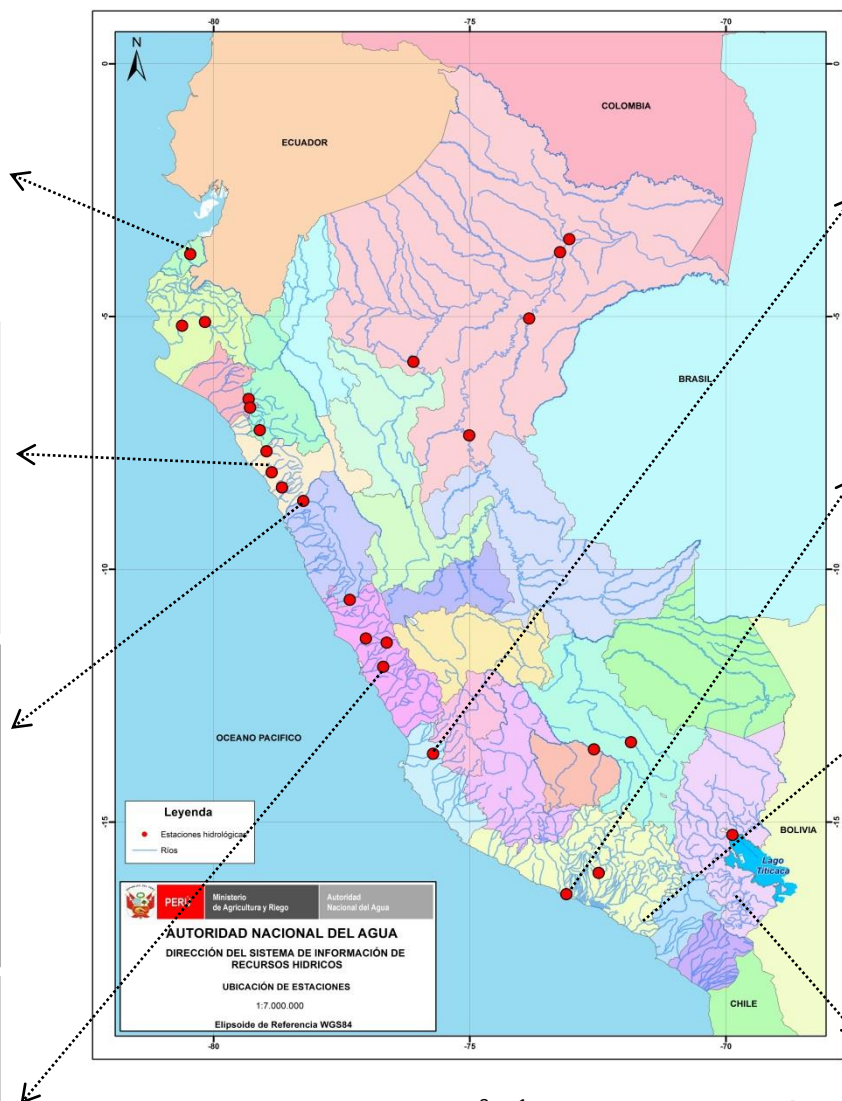
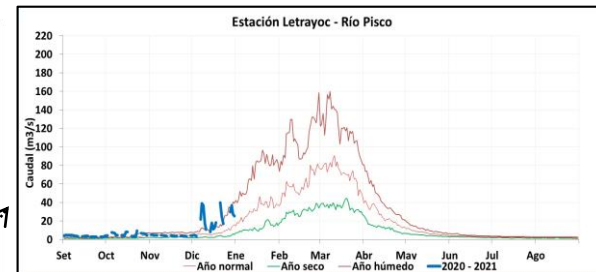
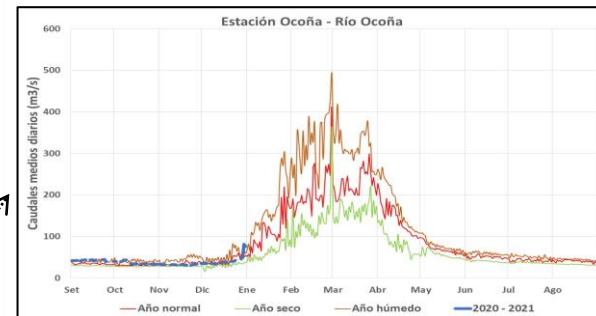
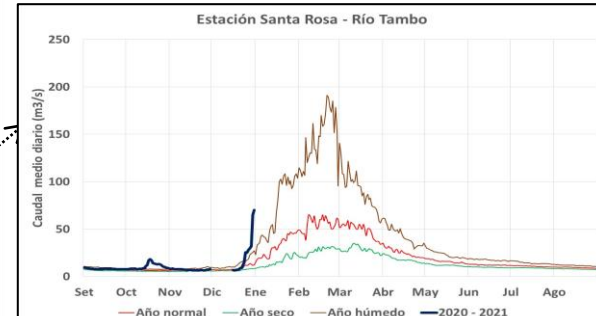
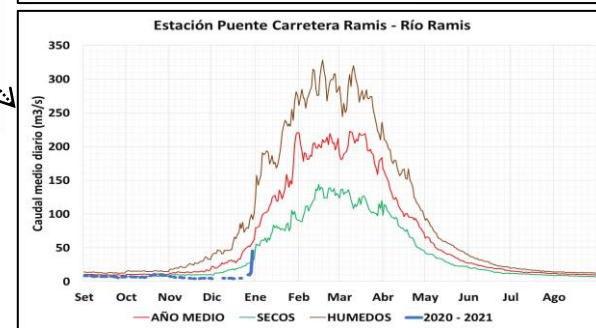


Figura 22. Caudales diarios ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de diciembre 2020. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y Juntas de Usuarios. Procesamiento: ANA.

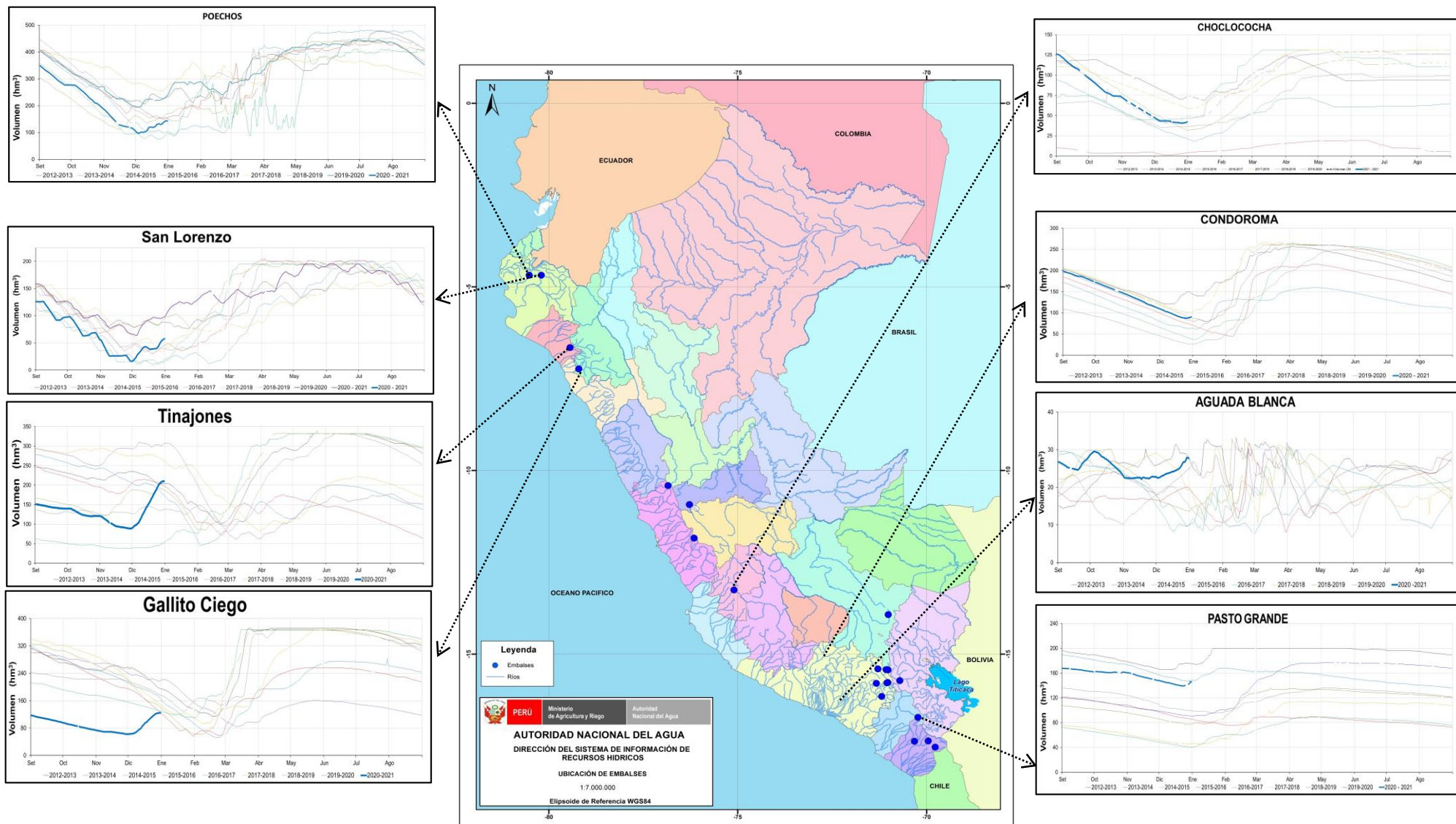


Figura 23. Volúmenes de almacenamiento (hm^3) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de diciembre 2020. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: corresponden a años hidrológicos 2019 – 2020, 2018-2019, 2017-2018, 2016-2017, 2014-2015. Fuente: PE Chira-Piura, JU's San Lorenzo, Chancay Lambayeque, AUTODEMA, GORE PERPG, EGESUR. Procesamiento: ANA.

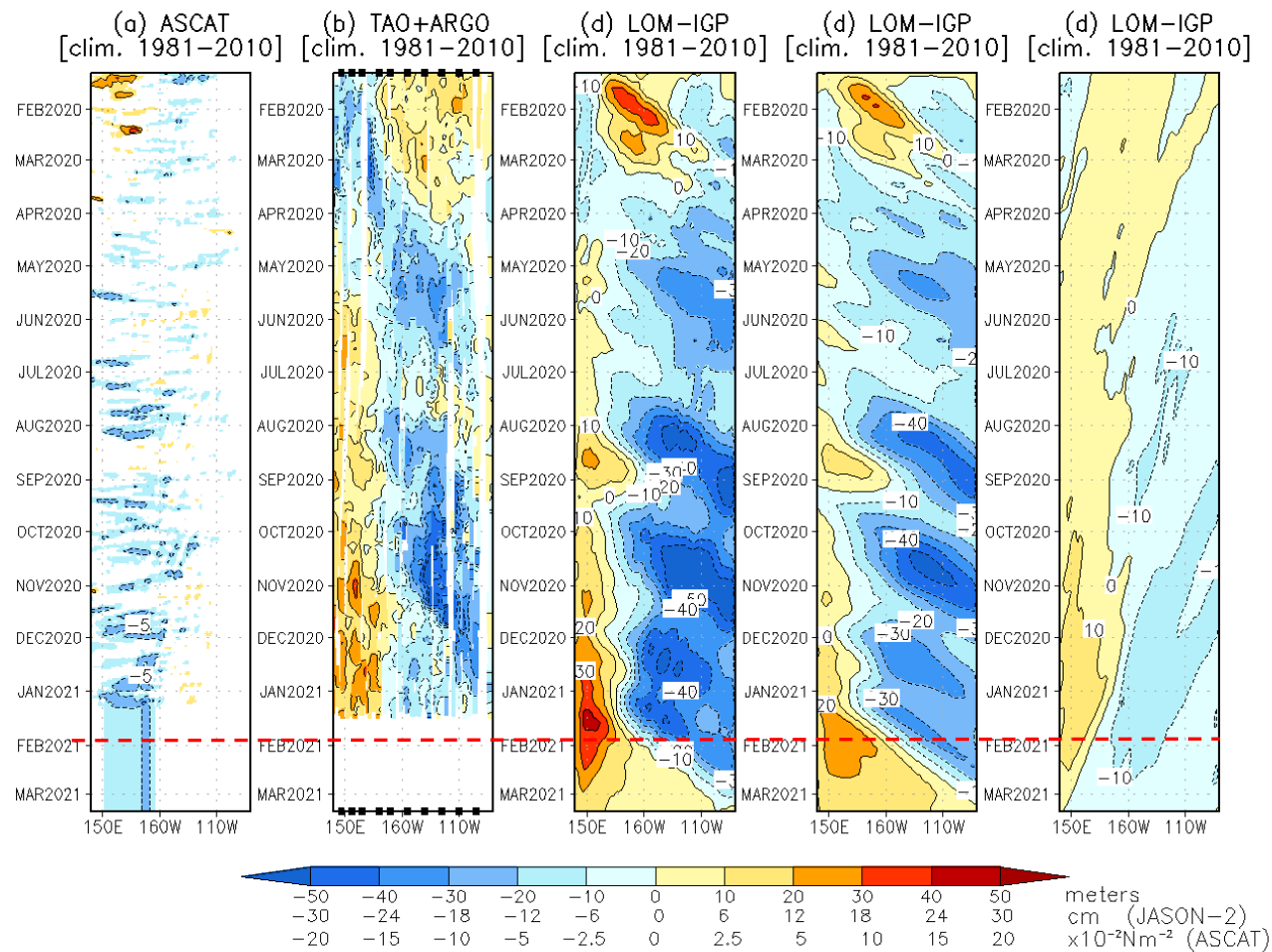


Figura 24. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y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

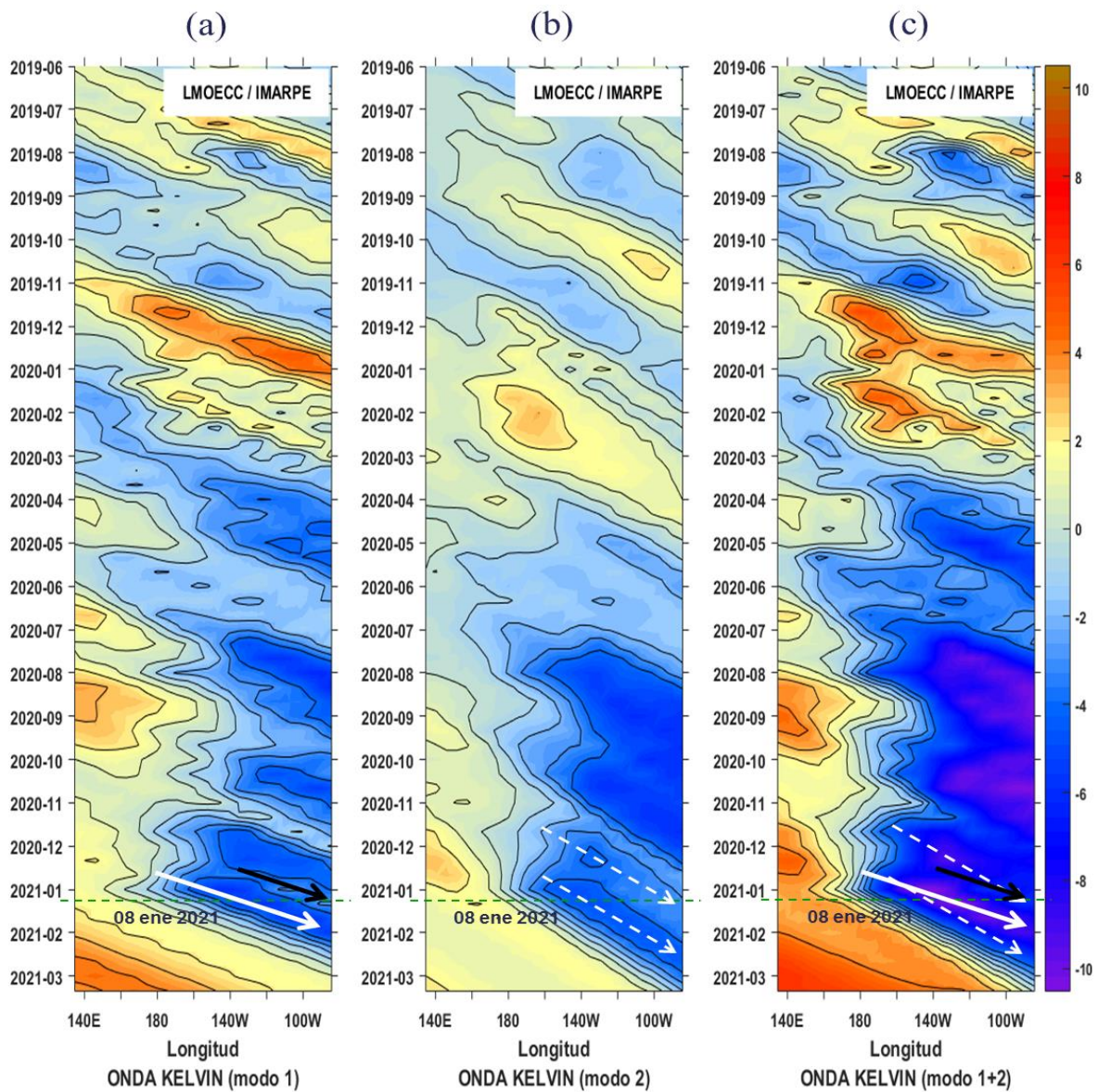


Figura 25. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico: 08 de enero 2021. Fuente: IMARPE.

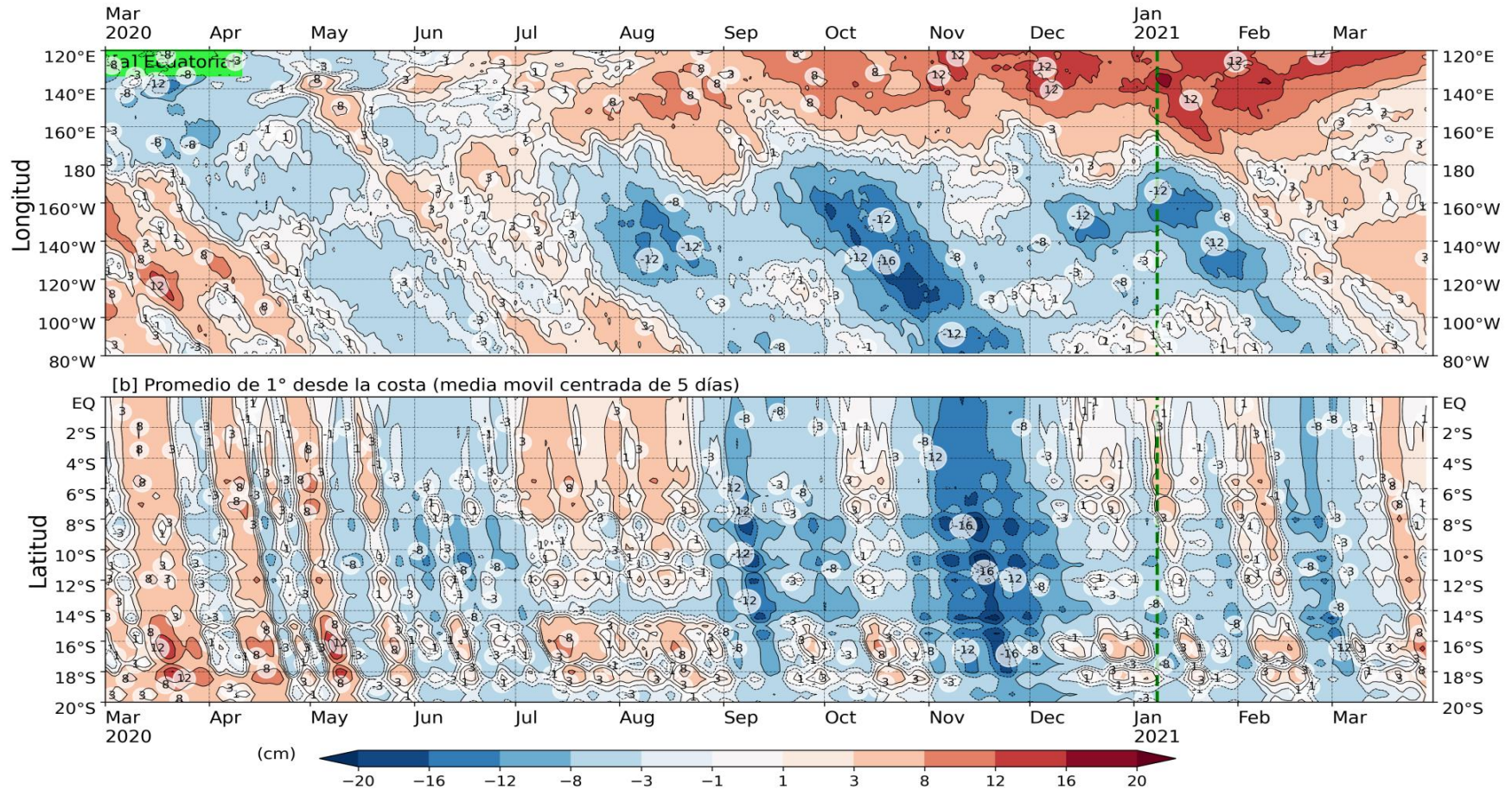


Figura 26. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior). La línea verde representa el inicio del pronóstico. El modelo fue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

ANEXOS

1. VARIABLES UTILIZADAS

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

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES				
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Reanálisis						Modelos							
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Biotócoras de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS			TRMM-3B42	SeaWiFS + MODIS	GFS	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. Período climatológico: 1981-2010.
Corrientes Marinas		X																			IMARPE	*Disponible desde los 60s. Frecuencia mensual.
Oxígeno y Nutrientes		X	X	X																	IMARPE	*Cruceros disponibles desde los 60s, otras observaciones disponibles desde 2015. Período climatológico: 1981-2010.
Clorofila																		X			IMARPE	* Promedio mensual y pentadal corresponden a MODIS y SeaWIFS+MODIS corregido, respectivamente. *Cobertura nubosa de MODIS.
VARIABLES BIOLOGICO-PESQUERAS																						
Desembarques pesqueros							X														IMARPE	*Disponible desde 1959 con frecuencia diaria y mensual.
Distribución espacial de recursos				X		X															IMARPE	*El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.
Biometría e indicadores				X		X															IMARPE	*Información par anchoveta disponible desde 1959 con frecuencia variable (diaria, mensual, semestral).
VARIABLES DE RECURSOS HIDRICOS Y AGROMETEOROLÓGICAS																						
Caudal de ríos			X																		ANA	
Reservorios y embalses			X																		ANA	
Desarrollo de cultivos									X												SENAMHI	

*Continuación de la Tabla A.1.1.

2. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

2.1. Pesquería

En los lances de pesca de la flota industrial de anchoveta en la región norte – centro se capturaron como especies incidentales a *Pleuroncodes monodon* “múnida”. La distribución de la múnida, indicador de aguas frías, presentó una marcada asociación con la distribución de anchoveta (Figura A.2.1.1).

En la pesca artesanal de Lambayeque (~6° S), en diciembre, en zona similar al mes anterior, se capturó a la especie de la provincia panameña *Anchovia macrolepidota* “anchoa plateada”, pez pelágico que habita sobre playas costeras, que en Perú llega a Zorritos (3°S) y que ocasionalmente se desplaza a Chimbote. Es posible que con el ingreso intermitente de las AES desde noviembre hayan ingresado algunos cardúmenes de esta especie.

Respecto a la pesca de merluza, en diciembre 2020 la flota industrial arrastrera desembarcó un total de 2612,6 t de merluza, lo que representa el 20,3 % de la captura acumulada de la temporada (cuota de captura: 50 823 t). La distribución de la flota dirigida a la merluza tuvo dos núcleos de concentración: frente a Punta Sal (sub-área A= 3° S) en la región Tumbes y frente a Paita (sub-áreas B= 4° S y C=5° S) en la región Piura (Figura A.2.1.2), señalando la debilidad de los flujos al sur que se ha registrado desde meses antes (ENFEN 2020 a y b). Respecto a la estructura de tallas, se debe resaltar que, en general, se observó individuos de tallas pequeñas (con moda muy cercana a la talla mínima de captura e inclusive menores a ella).

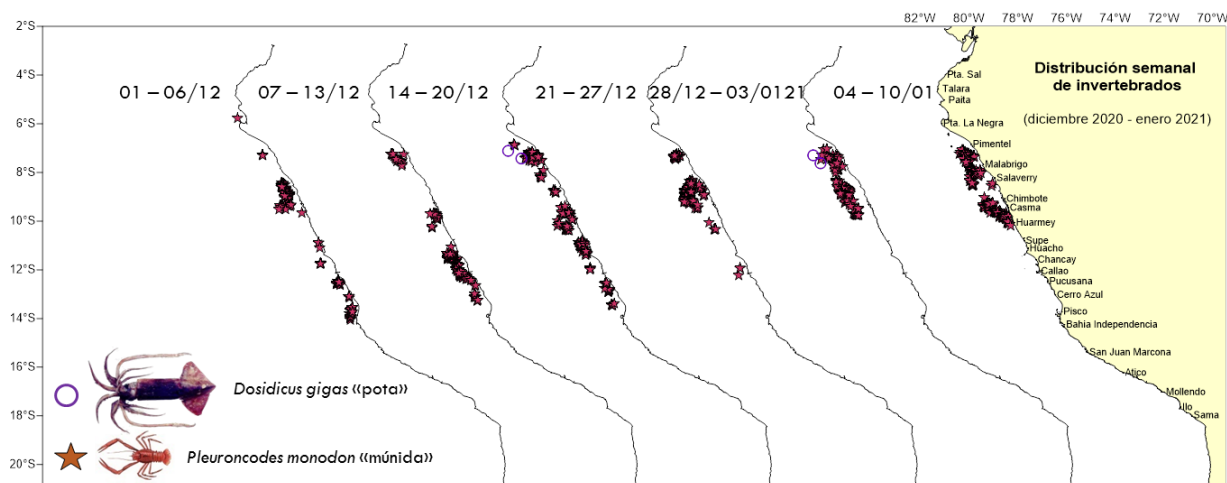


Figura A.2.1.1. Distribución de especies incidentales en la pesca de anchoveta durante diciembre 2020. Fuente: IMARPE.

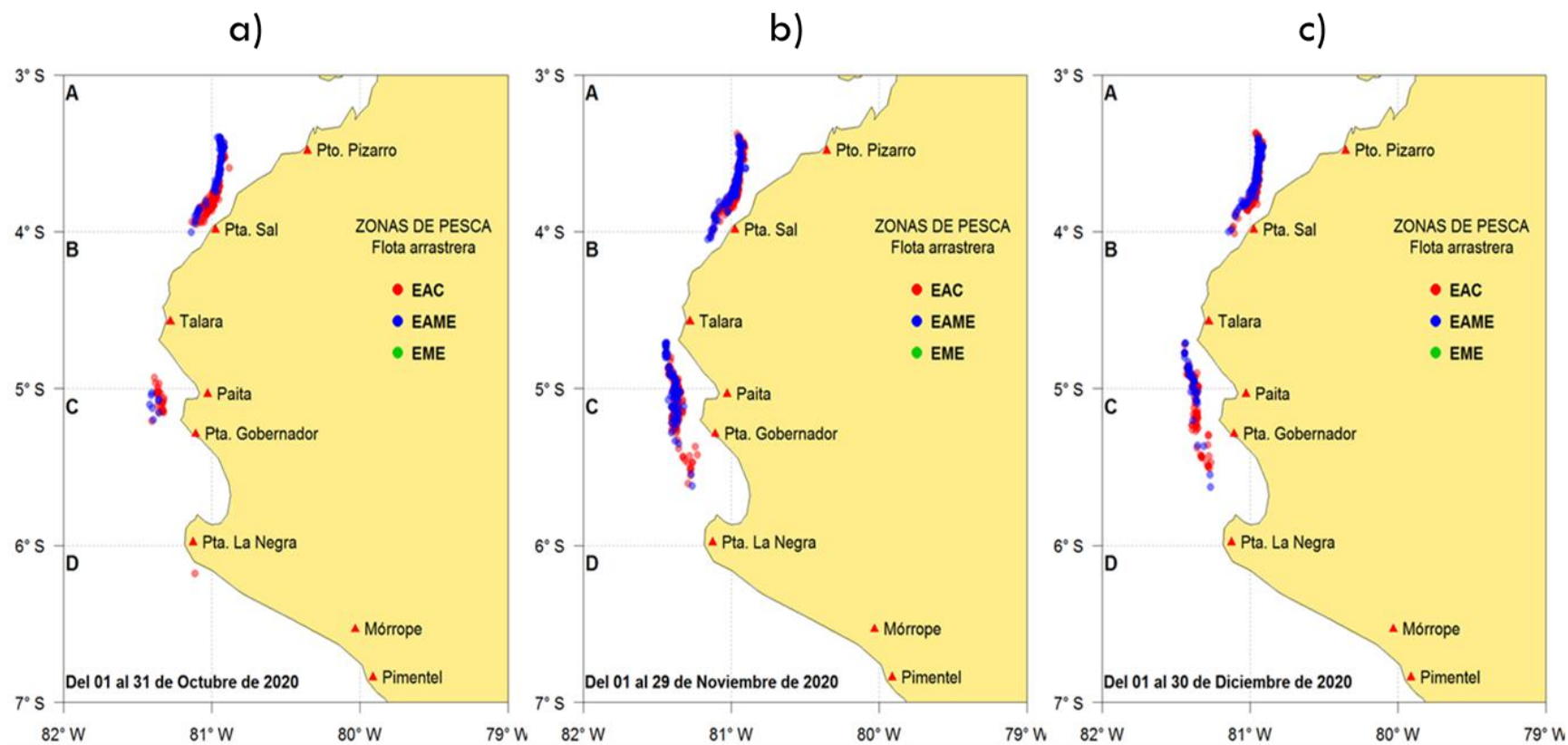


Figura A.2.1.2. Distribución mensual de la merluza de a) octubre, b) noviembre y diciembre del 2020. Fuente: IMARPE.