

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 6 N° 11

NOVIEMBRE 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 del Consejo Directivo, 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. Amarildo Fernández Estela

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Dr. Luis Alberto Carranza Micalay

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Ing. Juvenal Medina Rengifo

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

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

Coordinador Científico-Técnico: Dimitri Gutiérrez.

IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchon, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Tony Anculle, Dante Espinoza 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° 11, noviembre de 2020, 54 p.

El Informe Técnico ENFEN de noviembre 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:

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

Noviembre, 2020

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 (Presidente de la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

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

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	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.....	14
Impactos agrometeorológicos.....	14
IV. Pronóstico.....	14
V. Conclusiones y Recomendaciones	15
VI. Referencias.....	16
VII. Tablas.....	18
VIII. Figuras.....	24
Anexos	
1. Variables utilizadas	
2. Información suplementaria	

RESUMEN EJECUTIVO

En noviembre de 2020, en el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) y en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) disminuyeron en magnitud respecto a octubre, alcanzando valores promedio de $-1,3$ °C y $-0,7$ °C, respectivamente. En niveles bajos de la tropósfera, en el Pacífico ecuatorial central hubo persistencia de vientos del este más intensos a lo normal, mientras que, el Pacífico ecuatorial oriental presentó vientos anómalos del oeste. Por otro lado, en niveles altos de la tropósfera, al este de los 180° W, se observó la intensificación de los vientos del oeste. El grupo de ondas Kelvin frías, formado y reforzado por los pulsos de viento del este ocurridos entre setiembre y octubre en el Pacífico central, habrían alcanzado su máxima influencia en la costa peruana durante el mes. Por otro lado, una nueva onda Kelvin cálida se ubica a 120° W, mientras que un nuevo paquete de ondas Kelvin frías estaría localizado alrededor de 160° W. A escala regional, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), continuó al sur de su posición habitual y con una configuración zonal, lo cual favoreció la persistencia de vientos alisios intensos hacia el Pacífico central, pero además ha propiciado el debilitamiento de los vientos del sur a lo largo de la costa peruana, así como ingresos de viento del norte con advección de humedad y aire cálido. En el litoral norte, a excepción de Tumbes, se mantuvieron las anomalías negativas de hasta -1 °C en promedio, mientras que en el litoral centro y sur la TSM presentó valores en el rango normal o ligeramente por debajo de lo normal. Al norte de Piura, durante la primera quincena de noviembre, se detectaron aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas tropicales superficiales (ATS), ambas cálidas y de baja salinidad. Asimismo, el desplazamiento al sur de AES generó procesos de mezcla con aguas costeras frías (ACF) y aguas subtropicales superficiales (ASS) hasta Punta Falsa, inclusive. En la segunda quincena de noviembre se observó un repliegue al norte de las AES, mientras que las ASS, cálidas y salinas, tendieron a replegarse mar afuera en la zona central. Finalmente, de Callao hasta Ilo por lo menos, predominaron las ACF, propias del afloramiento costero. En las capas subsuperficiales, durante el mes, predominaron las anomalías negativas frente a la mayor parte de la costa, siendo mayores a -1 °C sobre los 60 m de profundidad en promedio, y con núcleos de hasta $-3,0$ °C en algunos casos, dentro de las 50 a 100 millas náuticas de la costa.

La concentración de clorofila-a (indicador de la producción de fitoplancton) varió principalmente entre 3 y $10 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, entre Paita e Ilo, con anomalías promedio de $+4 \mu\text{g L}^{-1}$. Los principales núcleos estuvieron ubicados entre San José y Chimbote, entre Huacho y Pisco, y entre San Juan e Ilo, alcanzando su mayor expansión frente a Callao hasta las 150 millas náuticas frente a la costa. En el aspecto biológico-pesquero, la anchoveta presentó una amplia cobertura espacial desde Paita hasta San Juan de Marcona, distribuyéndose dentro de las 70 millas náuticas, exhibiendo una disminución de la actividad desovante y un ligero incremento de la reserva energética respecto al mes de octubre, acorde al patrón histórico. La caballa y el jurel se distribuyeron desde Paita y Huarmey respectivamente, hasta el extremo sur del dominio marítimo. Por último, la merluza amplió su distribución con dirección al sur, incrementando su presencia hasta Punta La Negra, posiblemente debido a la reactivación de los flujos hacia al sur frente a la costa norte. En el aspecto hidrológico, los caudales de los principales ríos de la costa norte y centro presentaron valores notoriamente menores a lo normal. Por otro lado, en la costa sur, los caudales variaron entre lo normal y sobre lo normal, y en la unidad hidrográfica del Titicaca permanecieron por debajo de lo normal. En cuanto a los impactos agrometeorológicos, las temperaturas diurnas de normales a ligeramente superiores respecto a su climatología y las nocturnas con valores de inferiores a normales, propiciaron la fructificación del mango, así como la etapa reproductiva y el llenado de granos del arroz en valles productores de Piura y Lambayeque. No obstante, la restricción temporal del agua para el riego en algunas áreas incidió en el desarrollo normal de los sembríos. En la costa sur (La Yarada, Tacna), las temperaturas por debajo de su promedio climático retrasaron el normal desarrollo de los frutos en los olivares.

Finalmente, 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, se espera que La Niña en el Pacífico central continúe presentando una intensidad moderada hasta al menos enero de 2021 y que continúe debilitándose en los siguientes meses.

En la región Niño 1+2, la persistencia de la configuración zonal del APS, que favorece la ocurrencia de anomalías del oeste en el extremo del Pacífico oriental, podría debilitar el efecto en la TSM de las ondas Kelvin frías a arribar entre diciembre y enero, previéndose su normalización durante el verano. Sin embargo, no se descarta la ocurrencia de episodios cálidos localizados, principalmente, frente a la costa norte durante el verano, asociados a la variabilidad de la circulación oceánica y atmosférica locales. Respecto al próximo verano (de diciembre 2020 a marzo 2021), se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras (66 %) en la región Niño 1+2, mientras que, para el Pacífico central, la mayor probabilidad corresponde a condiciones de La Niña (98 %) con una magnitud más probable de moderada (54 %). Esta condición en el Pacífico central podría contribuir a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en gran parte de los sectores central y sur del país durante el verano, y no se descarta la normalización y superávit de lluvias en la sierra norte para el mismo período; en tanto que la selva presentaría lluvias de normal a superior.

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, reporta 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.

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 GHRSSST junto con observaciones in situ, para determinar la TSM. Para mayor información <http://ghrsst-pp.metoffice.gov.uk/ostia-website/index.html>.

En el presente informe se toma en cuenta la TSM del producto OSTIA a $1/20^\circ$, así como las anomalías de la TSM a $1/4^\circ$.

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 *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.

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 NOVIEMBRE DE 2020

Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) y en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) disminuyeron en magnitud respecto a octubre (Figura 1), alcanzando valores promedio de $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 2, Tabla 1). A nivel subsuperficial se observaron anomalías de hasta $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 100 m, debilitándose durante la segunda quincena en la región central (Figura 3).

El Índice Costero El Niño para el mes de octubre (ICEN) y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para noviembre muestran valores negativos dentro de las condiciones neutras. Por su parte, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para octubre y el ONI temporal (ONI-tmp) para noviembre indican condiciones frías moderadas. 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 (Figura 4, Tabla 2).

Sobre el Pacífico ecuatorial, en niveles bajos de la tropósfera (entre 1000 y 850 hPa), en el Pacífico ecuatorial central, se observó persistencia de vientos del este, mientras que, el Pacífico ecuatorial oriental presentó vientos anómalos del oeste. Por otro lado, en niveles altos de la tropósfera (200 hPa), al este de la línea de cambio de fecha, se observó la intensificación de los vientos oeste. En continente, sobre el norte del territorio peruano, persistieron vientos anómalos del este (Figura 5). Sobre el Pacífico central, la subsidencia incrementó sus valores anómalos, con mayor relevancia al oeste de la línea de cambio de fecha, manteniendo la convección sobre la región de Indonesia (Figura 6).

Los datos *in situ* y satelitales, así como los resultados de algunos modelos numéricos, sugieren que el paquete de ondas Kelvin frías, formado por el pulso de viento de inicios de setiembre y posiblemente reforzado por los pulsos de viento de inicios de octubre, habrían alcanzado su máxima influencia en la costa peruana durante el mes de noviembre. Por otro lado, la onda Kelvin cálida, que se habría formado como consecuencia de la reflexión de una onda Rossby cálida en la zona occidental del Pacífico central, se ubica a 120°W . Los pulsos de vientos, desarrollados entre la quincena de noviembre, según los datos *in situ*, satelitales y de los modelos de ondas, se habrían proyectado en un nuevo paquete de ondas Kelvin frías, el cual estaría localizado alrededor de 160°W (Figura 7).

Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, ha persistido al sur de su posición habitual, con un núcleo promedio cercano a su valor normal (1024 hPa), manteniendo una configuración zonal que ha favorecido a la persistencia de los vientos alisios hacia la cuenca central del Pacífico ecuatorial (Figura 8). Los valores de presión más altos se encontraron al sur de 30°S , con un núcleo, en promedio, cercano a 1024 hPa. Esta configuración ha propiciado el debilitamiento de los vientos del sur a lo largo de la costa peruana (Figura 9), y ha favorecido ingresos de viento del norte con advección de humedad y aire cálido.

Respecto a las temperaturas extremas del aire (máximas y mínimas) a lo largo de la costa peruana presentaron valores debajo de su normal. Las temperaturas máximas durante los 10 primeros días alcanzaron, en promedio, anomalías negativas de hasta $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la estación Fonagro - Chincha (Ica); del mismo modo las temperaturas mínimas registraron anomalías negativas de hasta $-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la estación La Yarada (Tacna) en la segunda década. En lo que va de la tercera década de noviembre, los enfriamientos significativos persistieron en gran parte de la región costera, alcanzando anomalías negativas de temperatura máxima de $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la estación La Yarada y de $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mínima en la estación Trujillo. Cabe señalar que entre 21 y 23 de noviembre la anomalía de la temperatura máxima en la estación Jayanca (Lambayeque) fue de $+1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 10). Durante el mes de noviembre se observaron deficiencias de lluvias principalmente en las zonas central y sur de los Andes.

Condiciones oceanográficas en el mar peruano

En el litoral, así como en su franja adyacente, se presentó un descenso significativo del nivel del mar (hasta -10 cm en el norte y -15 cm en el sur) desde la tercera semana de noviembre hasta fines del mismo mes, debido al paso de la onda Kelvin fría (Figura 11).

En el litoral de Tumbes se registraron anomalías positivas de TSM, mientras que en el litoral de Piura se mantuvieron, en promedio, las anomalías negativas que fluctuaron alrededor de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el litoral centro continuaron las condiciones normales. En el sur disminuyeron las condiciones cálidas hasta alcanzar las condiciones cercanas a su normal (Figuras 12 y 13). Frente a la costa, la magnitud de las anomalías negativas de la TSM disminuyó entre la primera y segunda semana de noviembre hasta el rango neutro, pero luego aumentó en la segunda quincena de noviembre hasta alcanzar anomalías de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, especialmente en la franja de 60 millas náuticas adyacentes al litoral (Figura 13).

Al norte de Piura, durante la primera quincena de noviembre, se detectaron aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas tropicales superficiales (ATS), ambas cálidas y de baja salinidad. Asimismo, a inicios y a mediados de noviembre, el desplazamiento al sur de AES ocasionó su mezcla con aguas costeras frías (ACF) y aguas subtropicales superficiales (ASS) hasta Punta Falsa, inclusive. En la segunda quincena de noviembre se observó un repliegue al norte de las AES con el consiguiente enfriamiento frente a la costa de Piura (Figura 14). Asimismo, las ASS, cálidas y salinas, mantuvieron una mayor aproximación a la costa en la zona central, entre Chimbote y Huacho, aunque con una tendencia al repliegue. Finalmente, de Callao hasta Ilo por lo menos, predominaron las ACF, propias del afloramiento costero (Figuras 14 y 15).

En la capa subsuperficial, en la zona entre las 300 y 400 millas náuticas de la costa frente al Golfo de Guayaquil, las anomalías negativas de la temperatura se intensificaron dentro de los primeros 60 m de profundidad a fines de noviembre, con núcleos de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, asociada al paso de la onda Kelvin fría (Figura 15). Fuera de las 200 millas náuticas de la costa norte, se registraron condiciones neutras sobre los 50 m frente a Paita (Figuras 16 y 17), en promedio, mientras que frente a Chicama alcanzaron $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 15). Dentro de las 50 a 100 millas náuticas, durante el mes, frente a Paita, Punta Falsa, Chicama, Callao, Atico e Ilo, se observó la predominancia de anomalías negativas, siendo mayores a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 60 m de profundidad en promedio, y con núcleos de hasta $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en algunos casos (Figura 18).

La concentración de clorofila-a (indicador de la producción de fitoplancton) varió principalmente entre 3 y 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, entre Paita e Ilo, con anomalías promedio de +4 $\mu\text{g L}^{-1}$. Además, entre San José y Chimbote, entre Huacho y Pisco, y entre San Juan e Ilo se observaron núcleos con alta productividad ($\sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$), asociados a anomalías de +6 $\mu\text{g L}^{-1}$, que alcanzaron su mayor expansión frente a Callao (150 millas náuticas frente a la costa). El aumento de la concentración de clorofila-a posiblemente estuvo asociado a una mayor disponibilidad de nutrientes en la capa superficial debido al arribo de las ondas Kelvin frías, así como a una menor cobertura de nubes que lo habitual, que facilitó una mayor radiación solar en superficie (Figura 19).

Impactos biológico-pesqueros

La anchoveta presentó una amplia cobertura espacial desde Paita ($5^{\circ}00'S$) hasta el norte de San Juan de Marcona, distribuyéndose dentro de las 70 millas náuticas. En el norte, la distribución de la anchoveta estuvo asociada a la presencia de aguas de mezcla entre ACF y ASS, y en la región centro, a las ACF. A lo largo de su distribución, la anchoveta estuvo asociada a una TSM alrededor de 16°C , con anomalías en el rango neutral o ligeramente frías (Figura 20). Respecto a la estructura de tallas, al norte de Huarmey se registraron ejemplares principalmente adultos, mientras que, de Supe ($10^{\circ}30'S$) al norte de San Juan de Marcona, se registró una alta presencia de juveniles, entre 6,2 % a 21,2 %. Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron que continúa la declinación de su actividad desovante, de acuerdo a lo esperado para la época (Figura 21).

Los recursos transzonales jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*) fueron capturados por la flota pesquera artesanal y de menor escala. El jurel se distribuyó de Huarmey al extremo sur del dominio marítimo; mientras que la caballa presentó una mayor amplitud, registrándose, por el norte, desde Paita, extendiéndose al extremo sur. La permanencia de los recursos cercanos a la costa estuvo asociada a los frentes halinos, evidenciados principalmente frente a Ilo. Además, la presencia de caballa en el norte (Paita) estaría asociada a las condiciones cálidas producidas por el ingreso de AES (Figura 22). Por último, la merluza (*Merluccius gayi peruvianus*) amplió su distribución hacia el sur, posiblemente debido a la reactivación de los flujos al sur frente a la costa norte (Figura 15), incrementando su presencia hasta Punta La Negra (Figura 23).

Impactos hidrológicos

Los caudales de los principales ríos de la costa norte y centro, para el mes de noviembre, presentaron valores notoriamente menores a lo normal. Por otro lado, en la costa sur los caudales variaron entre lo normal a sobre lo normal y en la unidad hidrográfica del Titicaca permanecieron por debajo de lo normal (Figura 24). Por otro lado, el porcentaje de almacenamiento de los principales reservorios de la costa norte llegaron a sus niveles más críticos en lo que va del año, mientras que en la costa centro y sur continuaron disminuyendo, dentro de sus márgenes normales (Figura 25 y Tabla 3).

Impactos agrometeorológicos

En los valles productores de mango de Piura y Lambayeque, las temperaturas diurnas de normales a ligeramente superiores respecto a su climatología y las nocturnas con valores de inferiores a normales, propiciaron la fructificación del mango; sin embargo, la restricción temporal del agua para el riego en San Lorenzo y la deficiencia hídrica en Motupe, incidieron en el desarrollo normal de la campaña de mango.

Con relación al cultivo de arroz, las condiciones térmicas diurnas y nocturnas normales propiciaron la etapa reproductiva y el llenado de granos; sin embargo, en las localidades como Oyotún (parte alta del valle Zaña), los arrozales se encontraron en estado regular, debido al retraso en la frecuencia de riego producto de la deficiencia de lluvias. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas diurnas y nocturnas con valores por debajo de su promedio climático, retrasaron el normal desarrollo de los frutos en los olivares (Tabla 4).

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, y de acuerdo con el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se espera que La Niña en el Pacífico central continúe presentando una intensidad moderada hasta al menos enero de 2021.

Asimismo, para la región Niño 1+2 (frente a la costa norte y centro del Perú), la persistencia de la configuración zonal del APS, que favorece la ocurrencia de anomalías del oeste en el extremo del Pacífico oriental, podría debilitar el efecto de las ondas Kelvin frías que arribarían entre diciembre y enero (Figuras 26, 27, 28), por lo que las anomalías negativas de la TSM frente a la costa peruana tenderían a disminuir dentro del rango neutro en dicho período.

Hasta el mes de marzo de 2021, para el Pacífico central, los pronósticos de la mayoría de los modelos climáticos internacionales señalan condiciones entre frías moderadas y frías débiles (Tabla 5), mientras que todos los pronósticos para la región Niño 1+2 indican condiciones neutras (Tabla 6). De acuerdo con el juicio experto, se espera que La Niña en el Pacífico central continúe debilitándose de acuerdo con su patrón evolutivo, mientras que para la región Niño 1+2 se prevé la normalización de la TSM. Sin embargo, no se descarta la ocurrencia de episodios cálidos localizados principalmente frente a la costa norte durante el verano, asociados a la variabilidad de la circulación oceánica y atmosférica local pero no a un evento El Niño.

Respecto a las probabilidades mensuales, la Comisión Multisectorial ENFEN estima, para la región Niño 1+2, una probabilidad de 55 % a 66 % de una condición Neutra, aumentando de diciembre 2020 a marzo 2021. Entre tanto, la probabilidad de una condición fría disminuiría de 45 % a 15 % en el mismo período (Tabla 7). En el Pacífico central, la mayor probabilidad corresponde a la condición fría moderada entre diciembre 2020 (73 %) y febrero 2021 (51 %), mientras que para marzo 2021 la condición fría débil tiene más probabilidad (47 %) (Tabla 8).

Respecto al próximo verano (de diciembre 2020 a marzo 2021), la Comisión Multisectorial del ENFEN estima una mayor probabilidad de condiciones neutras (66 %) en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano (Tabla 9), mientras que, para el Pacífico central, la mayor probabilidad corresponde a condiciones de La Niña (98 %) con una magnitud más probable de moderada (54 %) (Tabla 10).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Frente al escenario actual y sus proyecciones en los próximos meses, la Comisión Multisectorial del ENFEN modifica el estado del Sistema de alerta ante El Niño y La Niña Costeros a “No activo”, ya que, para los siguientes meses, que incluye el verano, se espera la normalización de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2, la cual abarca la zona norte y centro del mar peruano.

Para el Pacífico central, el escenario para el verano es de una mayor probabilidad de condiciones de La Niña moderada, con una tendencia a debilitarse. Esta condición en el Pacífico central podría contribuir a la ocurrencia de lluvias superiores a lo normal en gran parte de los sectores central y sur del país durante el verano, y no se descarta la normalización y superávit de lluvias en la sierra norte para el mismo período; la selva presentaría lluvias de normal a superior.

VI. REFERENCIAS

A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15 th Edition, USA.

Boullanger, J.-P., & C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.

Buitrón B., A. Perea, J. Mori, J. Sánchez, C. Roque. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 38: 373-384

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.

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.

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 Magister 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/pps.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, pág. 13-20.

Vazzoler A E.1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. *Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2*, 108 pp.

Wentz, F.J., L.Ricciardulli, C.Gentemann, T. Meissner, K.A. Hilburn, J. Scott, 2013: Remote Sensing Systems Coriolis WindSat [indicate whether you used Daily, 3-Day, Weekly, or Monthly] Environmental Suite on 0.25 deg grid, Version 7.0.1, [indicate subset if used]. Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA. Available online at www.remss.com/missions/windsat.

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

Valores del Índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	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	-0,94	Neutro	-1,21	Fría Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
Nov-20	-0.94	Neutro	-1.26	Fría Moderada
Dic-20	-0.87	Neutro	-1.36	Fría Moderada

Tabla 3. Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de noviembre. Fuente ANA.

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm ³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa - Norte	Poechos	PECHP	30-Nov	Piura	438,30	104,2	23,8
Costa - Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	30-Nov	Piura	195,60	16,00	8,20
Costa - Norte	Tinajones	PEOT	30-Nov	Lambayeque	285,90	89,30	31,20
Costa - Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	30-Nov	La Libertad	366,60	62,60	17,10
Costa - Centro	Ccaracocha	PETACC	30-Nov	Ica	40,00	17,80	44,50
Costa - Centro	Choclococha	PETACC	30-Nov	Ica	131,10	48,00	36,60
Costa - Sur	Condorama	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	259,00	108,00	41,70
Costa - Sur	Pañe	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	99,60	57,30	57,50
Costa - Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	9,10	0,20	2,20
Costa - Sur	Pillones	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	78,50	33,10	42,20
Costa - Sur	El Frayle	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	127,20	83,90	66,00
Costa - Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	30-Nov	Arequipa	30,40	22,80	75,00
Costa - Sur	Chalhuanca	EGASA	30-Nov	Arequipa	25,00	7,30	29,20
Costa - Sur	Bamputañe	EGASA	30-Nov	Arequipa	40,00	12,00	30,00
Costa - Sur	Pasto Grande	PERPG	30-Nov	Moquegua	200,00	147,80	73,90
Costa - Sur	Represa Paucarani	PET	30-Nov	Tacna	10,50	6,00	57,10
Costa - Sur	Represa Jarumas	PET	30-Nov	Tacna	12,50	10,70	85,60
Costa - Sur	Aricota	EGESUR	30-Nov	Tacna	280,00	203,90	72,80
Sierra - Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S.A.	30-Nov	Junin	441,00	39,20	8,90
Sierra - Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	30-Nov	Ayacucho	80,00	12,00	15,00
Sierra - Sur	Lagunillas	PELTC	30-Nov	Puno	585,10	398,00	68,00
Sierra - Sur	Sibinacocha	EGEMSA	30-Nov	Cusco	110,00	38,60	35,10
Situación Nacional					3 845,40	1 518,70	39,49

Tabla 4. Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de noviembre del 2020. Fuente: SENAMHI.

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLÓGICA	ESTADO	OBSERVACIONES
MANGO	Tumbes	Cañaverl	Criollo		Fructificación	Bueno	
	Piura	Chulucanas	Edward		Fructificación	Bueno	
	Piura	Bigote	Criollo		Fructificación	Bueno	
	Lambayeque	Olmos	Edward		Fructificación	Bueno	
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Fructificación	Bueno	
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Fructificación	Bueno	
	Ancash	Buena Vista	Criollo		Fructificación	Bueno	
	Ica	Palpa	Criollo		Fructificación	Bueno	
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43				
	Piura	Partidor	Mallares	08/07/2020	Maduración	Bueno	
	Piura	Morropon	Mallares				
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	12/07/2020	Panoja	Regular	Se encuentra en estado regular debido a la disminución de la frecuencia de riego
	Lambayeque	Puchaca	La Puntilla	22/07/2020	Panoja	Bueno	Se realizó el riego
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43				
	Arequipa	Aplao	Tinajones	02/11/2020	Plántula	Bueno	
	Arequipa	La Haciendita	ir-43	12/10/2020	Macollaje	Bueno	
OLIVO	Moquegua	Ilo	Sevillana				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Fructificación	Bueno	

Tabla 5. Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4). Fuente: IGP.

	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2		-1.28	-1.24	-1.13	-0.89	-0.68	-0.55	-0.44
CanCM4i		-1.38	-1.41	-1.35	-1.14	-0.95	-0.72	-0.53
GEM_NEMO		-1.28	-1.21	-1.10	-0.94	-0.81	-0.69	-0.59
GFDL		-1.04	-0.77	-0.42	-0.02	0.39	0.77	1.09
NASA		-2.09	-2.83	-3.23	-2.98	-2.45	-1.99	-1.65
GFDL_FLOR		-1.15	-1.04	-0.87	-0.60	-0.28	0.05	0.38
NCAR_CCSM4		-1.26	-1.34	-1.47	-1.37	-1.11	-0.81	-0.66
NMME		-1.36	-1.41	-1.37	-1.13	-0.84	-0.56	-0.34
ONItmp	-1.26							

Tabla 6. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP.

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2		-0.90	-0.87	-0.75	-0.62	-0.55	-0.42	-0.17
CanCM4i		-0.68	-0.50	-0.41	-0.46	-0.52	-0.45	-0.23
GEM_NEMO		-0.68	-0.46	-0.31	-0.26	-0.20	-0.03	0.12
GFDL		-0.88	-0.79	-0.58	-0.28	0.08	0.63	1.15
NASA		-1.28	-1.69	-2.04	-1.99	-1.81	-1.43	-1.03
GFDL_FLOR		-1.06	-1.06	-0.80	-0.38	0.21	0.75	1.17
NCAR_CCSM4		-0.84	-0.74	-0.55	-0.49	-0.53	-0.47	-0.27
NMME		-0.90	-0.87	-0.78	-0.64	-0.47	-0.20	0.11
ICENtmp	-0.85							

Tabla 7. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) entre diciembre 2020 y marzo 2021.

Pacífico oriental	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	1	0	0	0
Fría débil	44	31	20	15
Neutro	55	61	65	66
Cálida débil	0	8	13	17
Cálida moderado	0	0	2	2
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre noviembre 2020 a febrero 2021.

Pacífico central	Diciembre (%)	Enero (%)	Febrero (%)	Marzo (%)
Fría fuerte	15	10	5	2
Fría moderada	73	68	51	37
Fría débil	12	21	39	45
Neutro	0	1	5	15
Cálida débil	0	0	0	1
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 9. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) en el verano diciembre 2020 – marzo 2021.

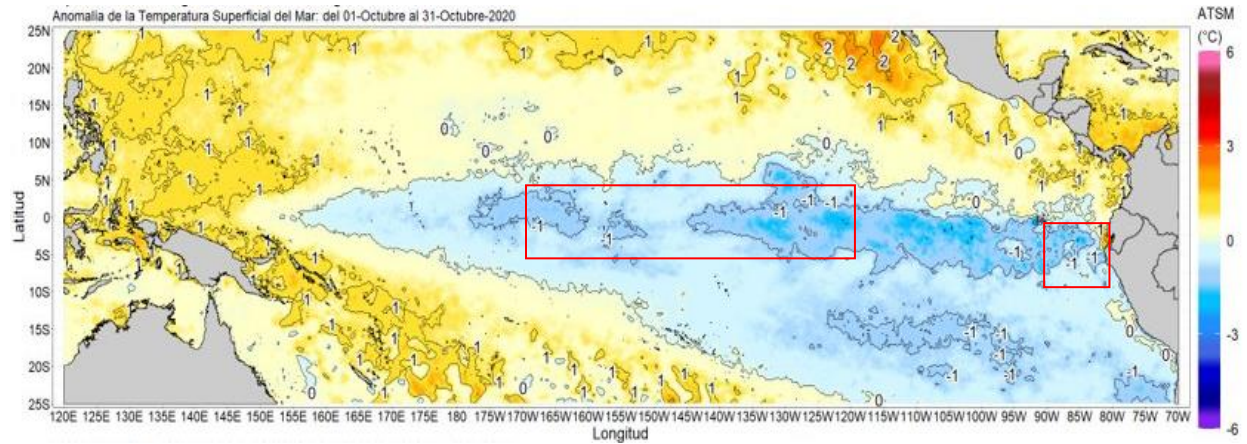
Magnitud del evento Diciembre 2020 – marzo 2021	Probabilidad de Ocurrencia
El Niño fuerte	0 %
El Niño moderado	1 %
El Niño débil	17 %
Neutro	66 %
La Niña débil	16 %
La Niña moderada	0 %

Tabla 10. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico central (región 3.4) en el verano diciembre 2020 – marzo 2021.

Magnitud del evento Diciembre 2020 – marzo 2021	Probabilidad de Ocurrencia
El Niño moderado	0 %
El Niño débil	0 %
Neutro	2 %
La Niña débil	41 %
La Niña moderada	54 %
La Niña fuerte	3 %

VII. FIGURAS

a) Octubre 2020



b) Noviembre 2020

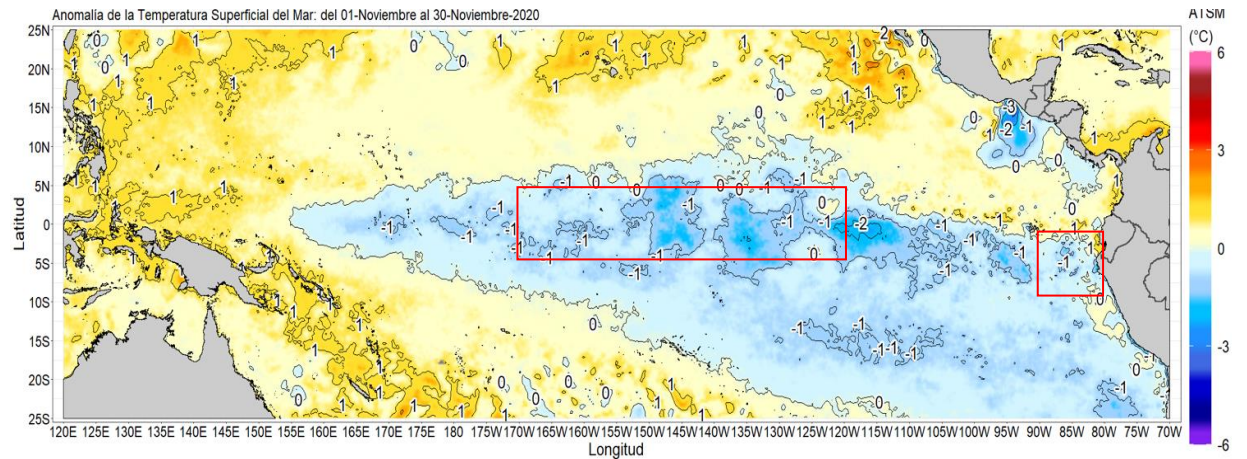


Figura 1. Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante octubre (a) y noviembre 2020 (b). Las regiones El Niño 3.4 y El Niño 1+2 están delimitadas con los recuadros rojos. Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

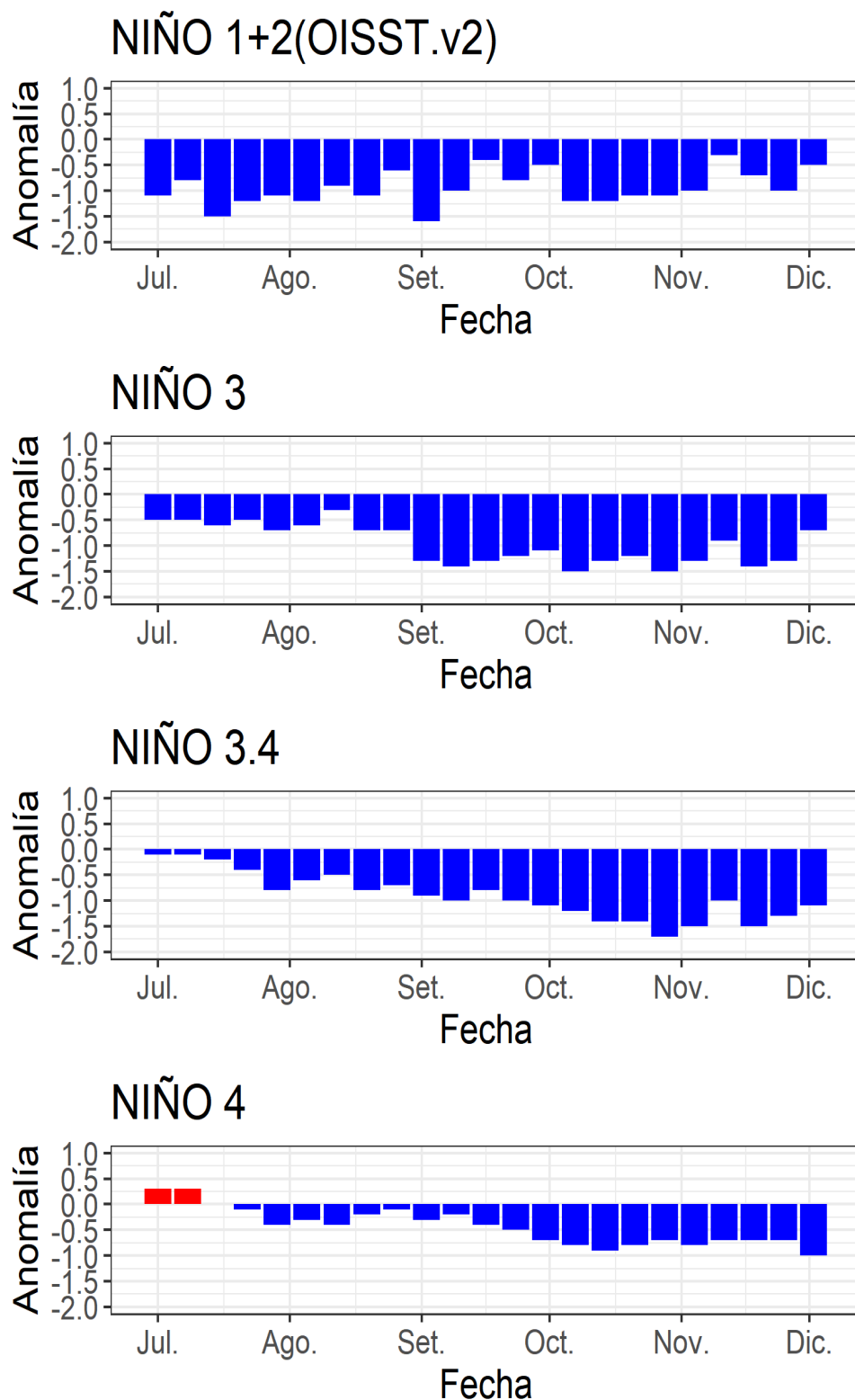


Figura 2. Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, de julio a noviembre del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV.

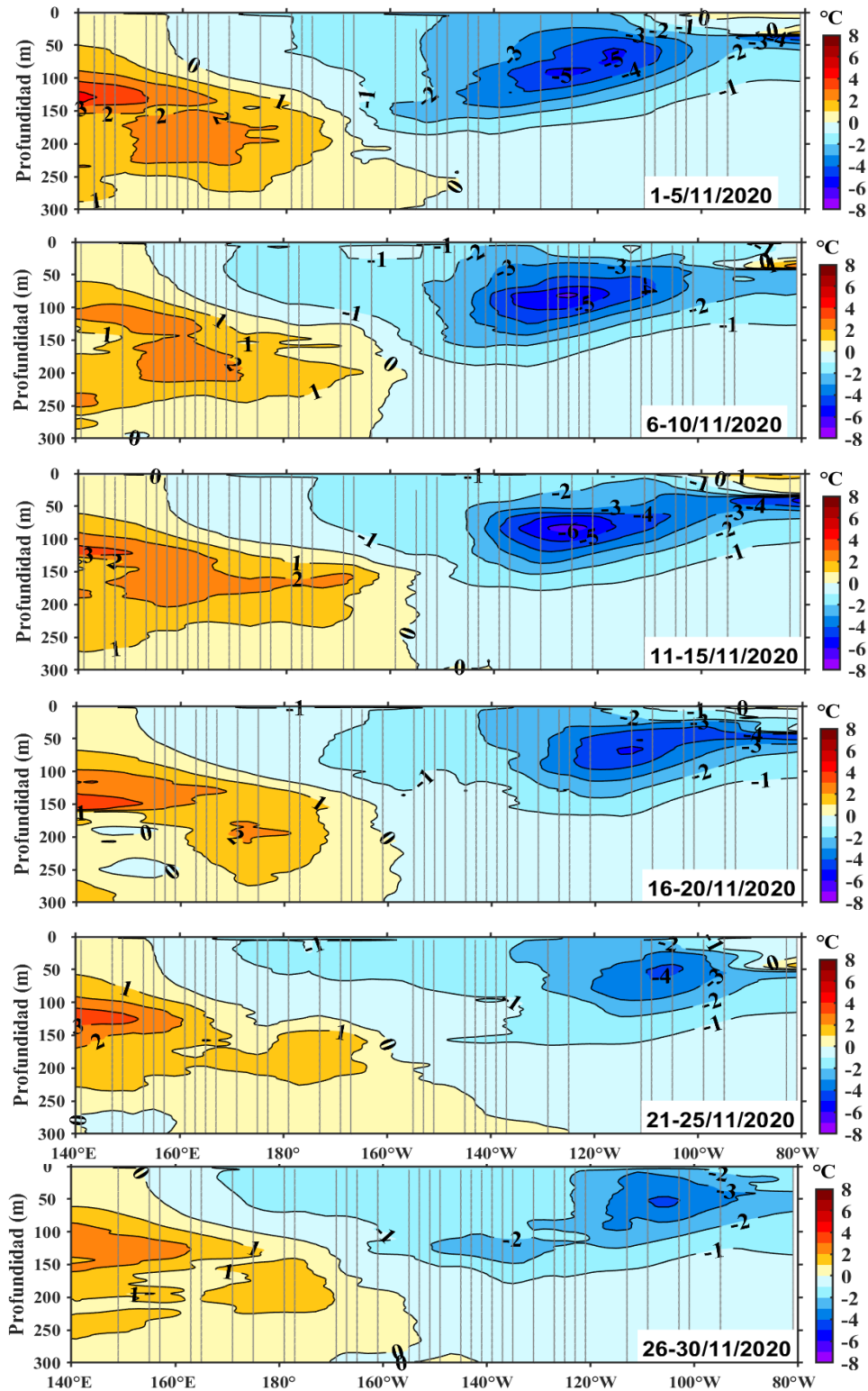


Figura 3. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico Ecuatorial (2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante noviembre de 2020 (las fechas indican el último día, los contornos están separados a 1°C). Periodo base: 1981-2010. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Adaptado: PMEL/NOAA.

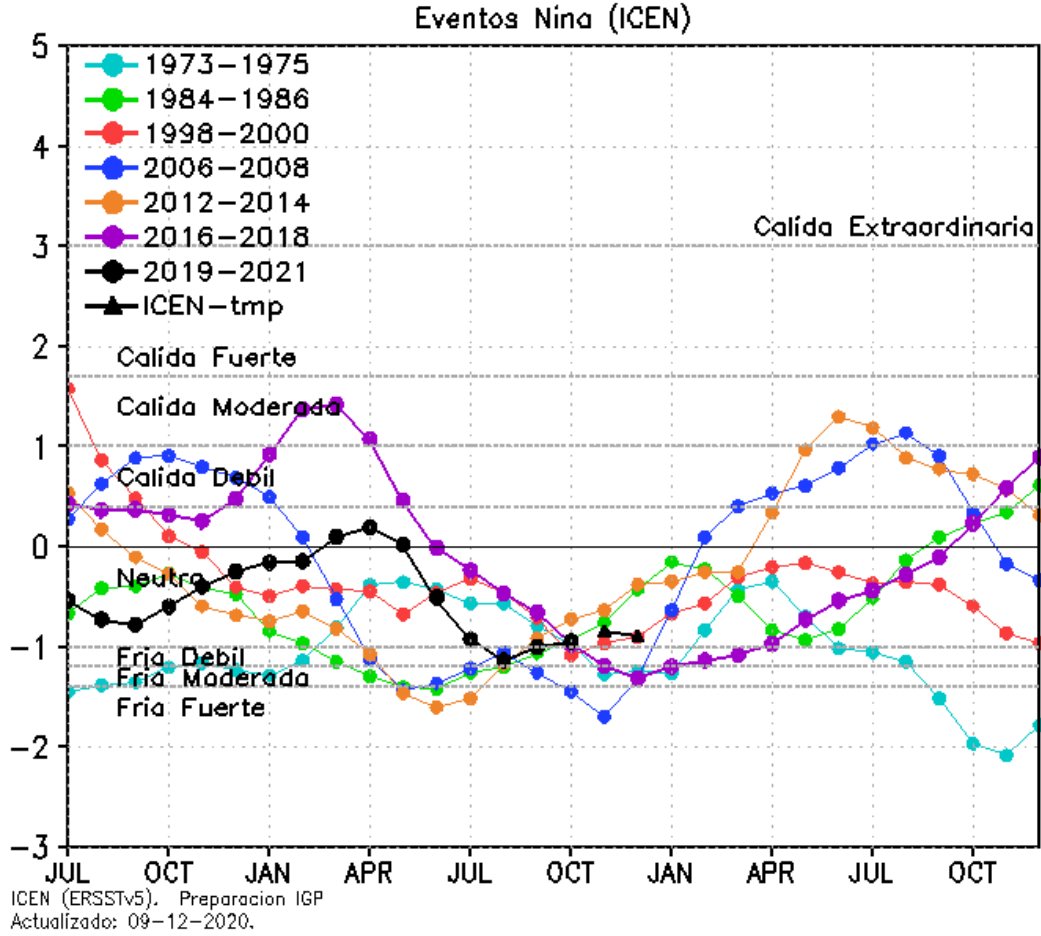
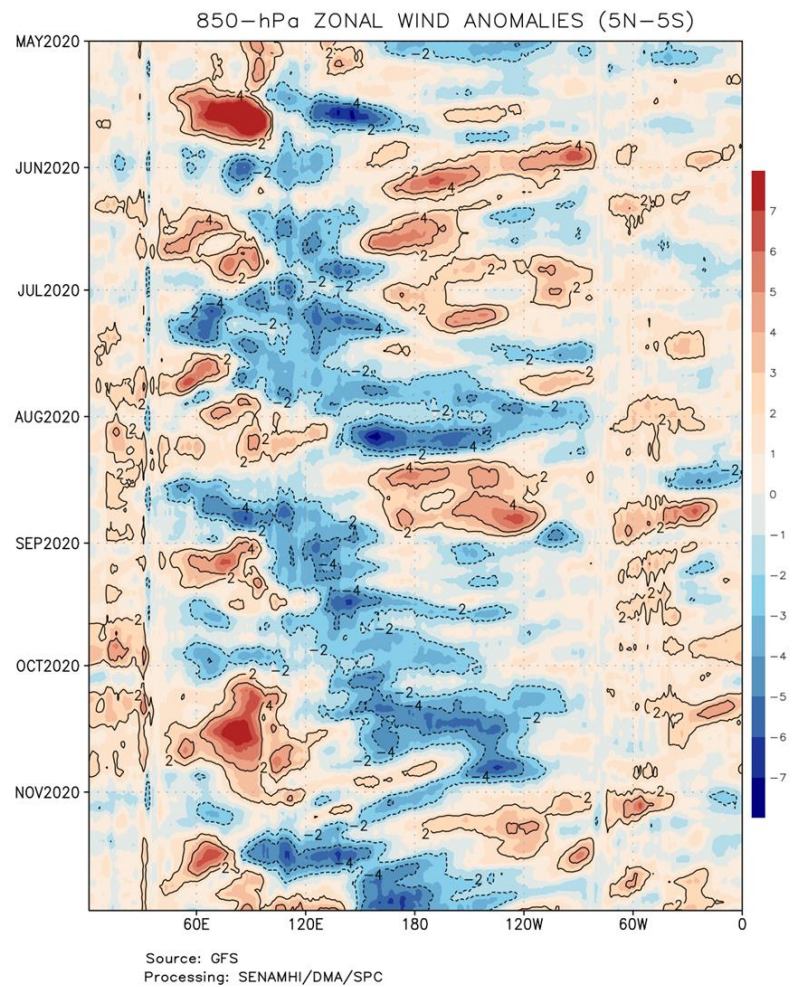


Figura 4. Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (verde), 1984-1986 (rojo), 1998-2000 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.

a)



b)

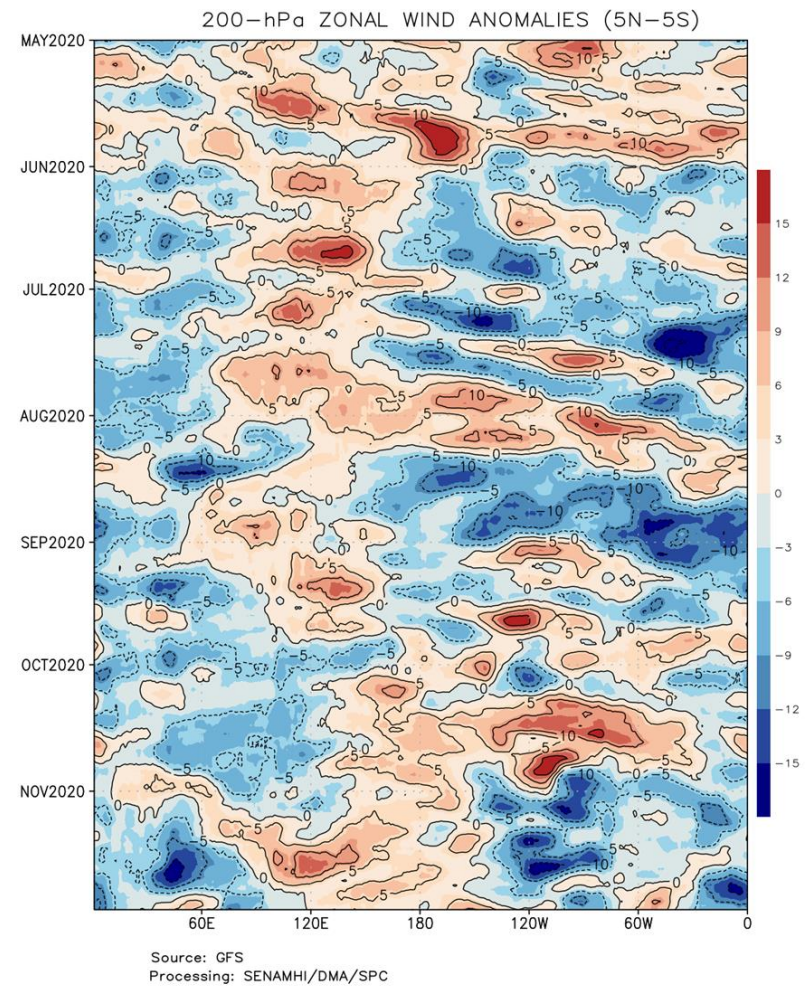


Figura 5. Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (a) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo a noviembre 2020. Procesamiento: SENAMHI.

NOVIEMBRE 2020

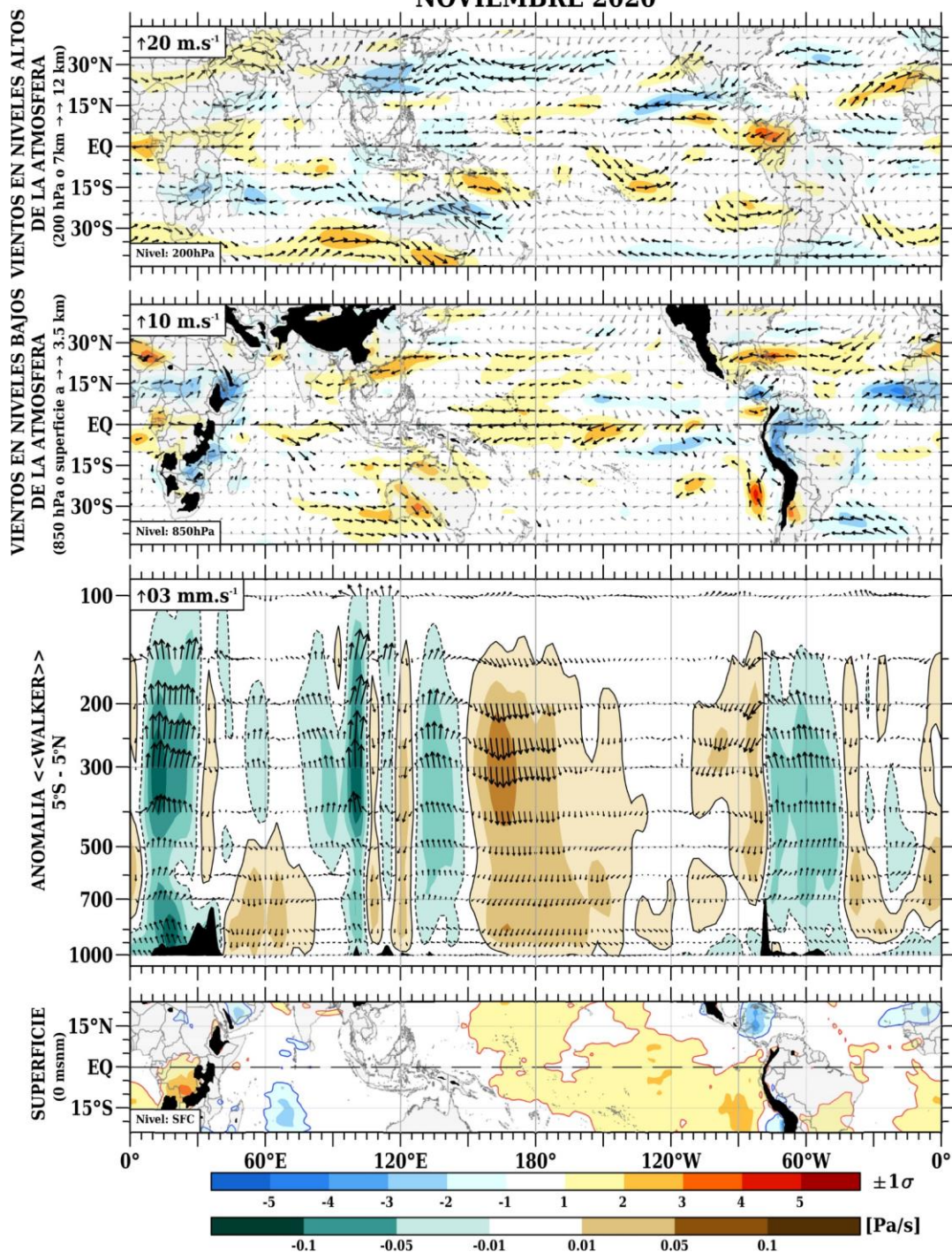


Figura 6. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de noviembre del 2020. (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de noviembre de 2020. (d) Anomalías de presión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

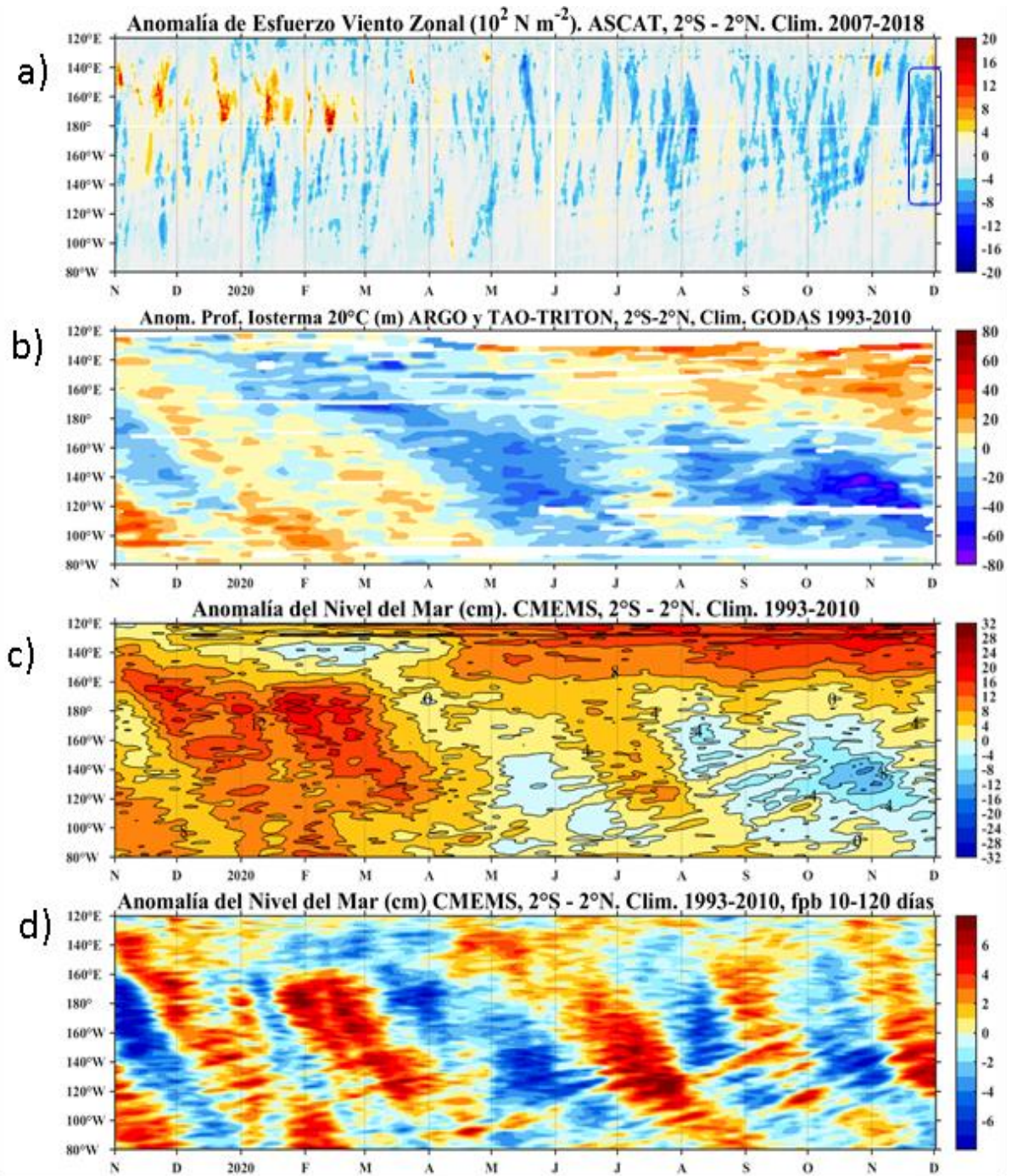


Figura 7. Diagrama Hovmöller de a) Anomalia del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalia del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalia del nivel del mar diario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

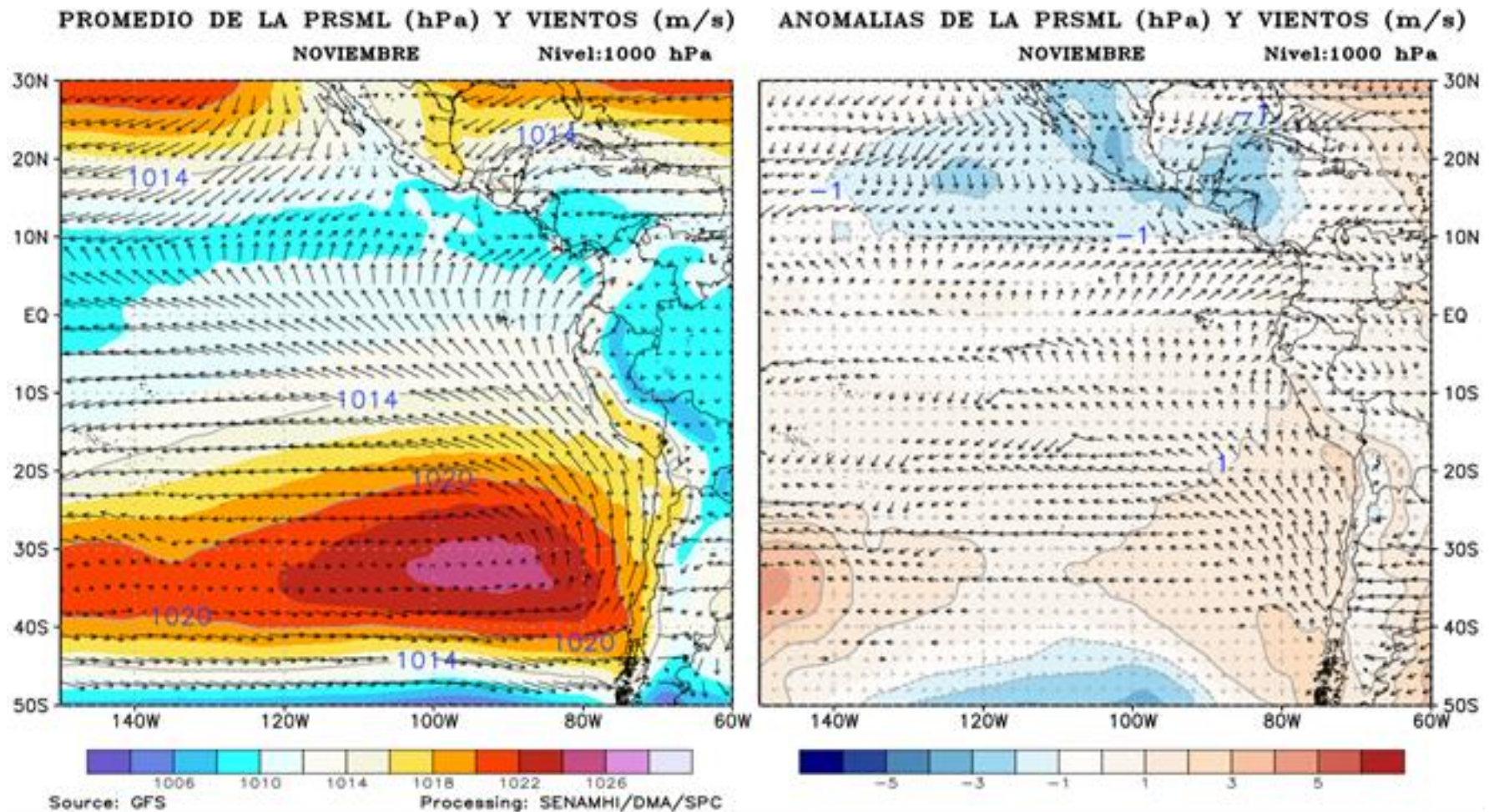


Figura 8. Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para noviembre 2020. Procesamiento: SENAMHI.

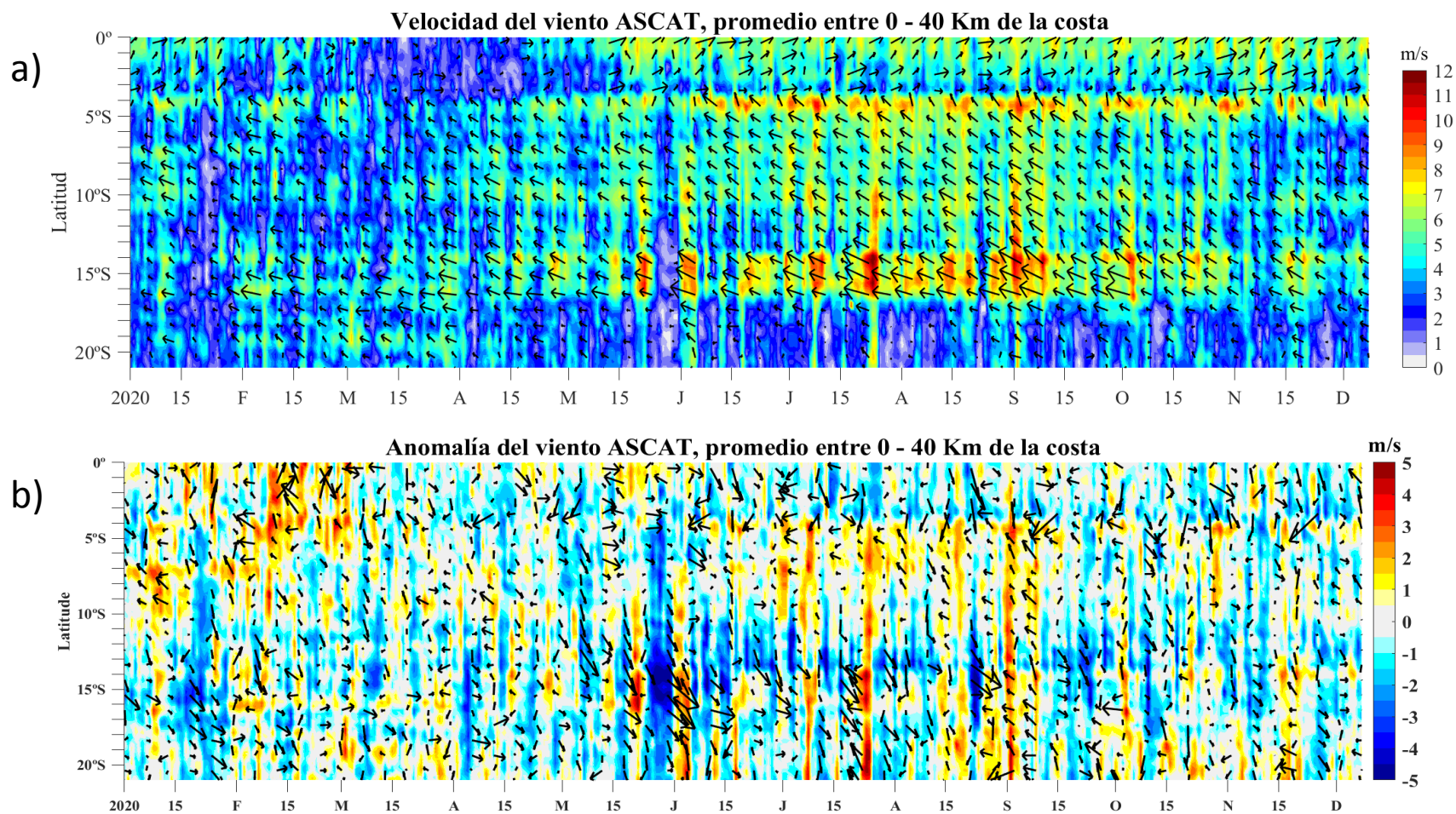


Figura 9. a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 5 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 10 de diciembre. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

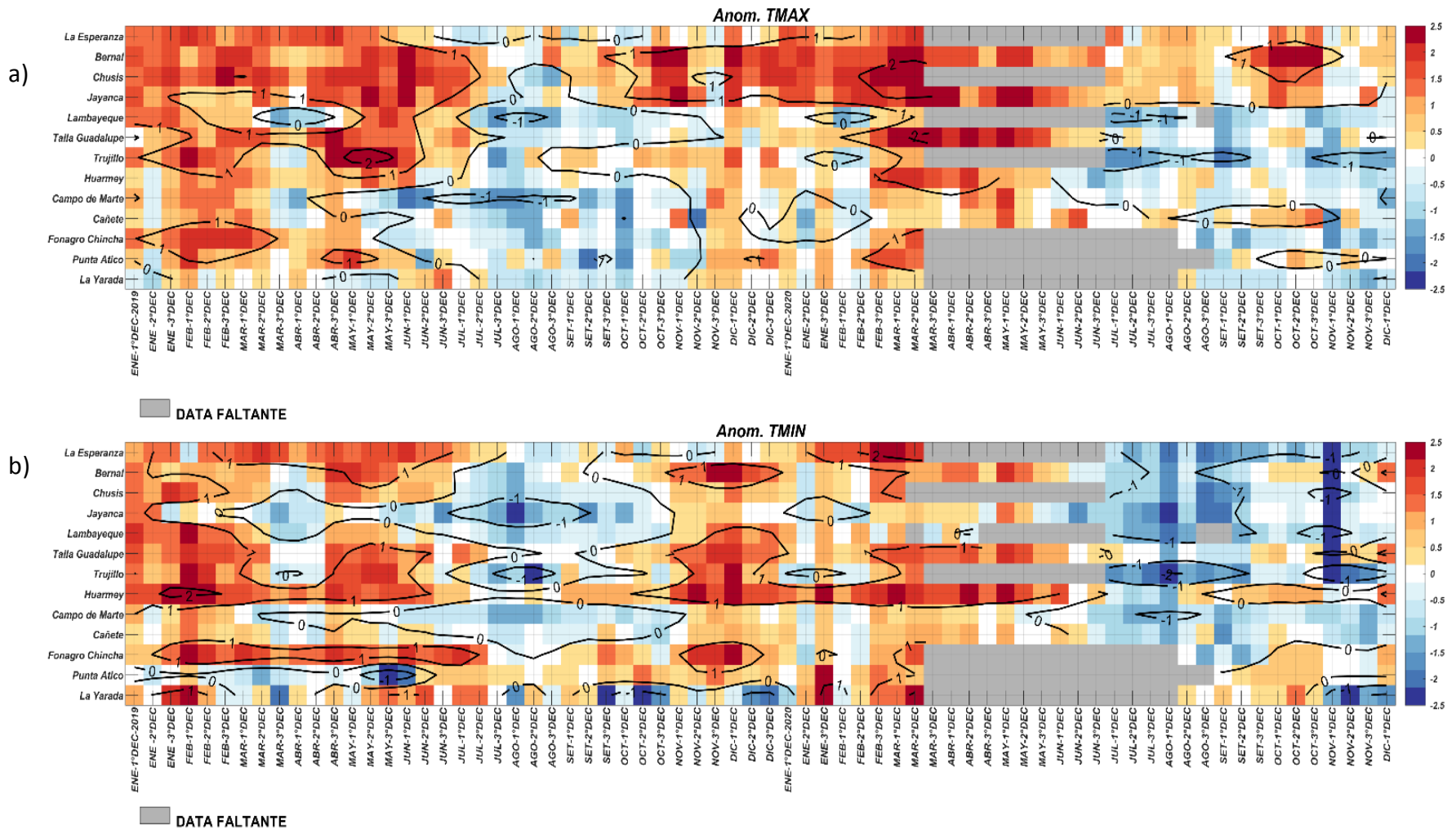
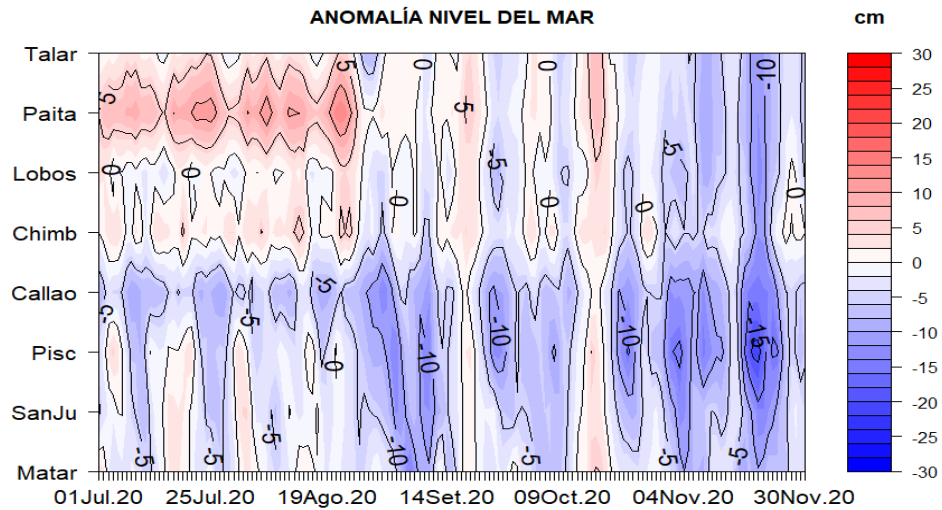
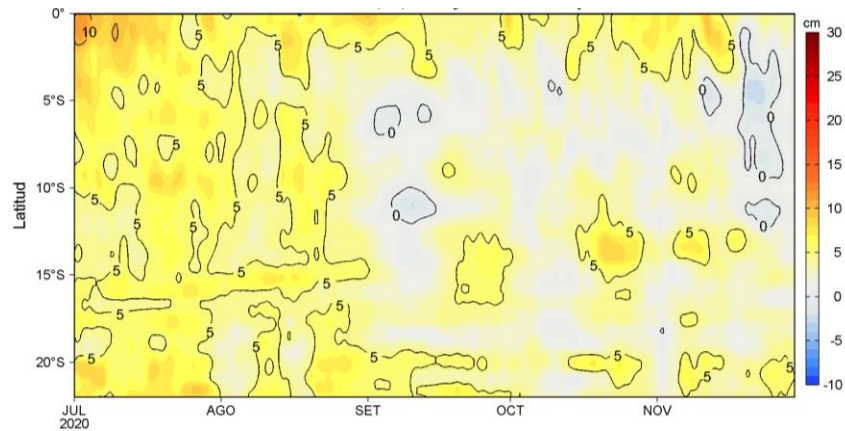


Figura 10. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI entre enero 2019 hasta noviembre 2020. Fuente: SENAMHI.

a)



b)



c)

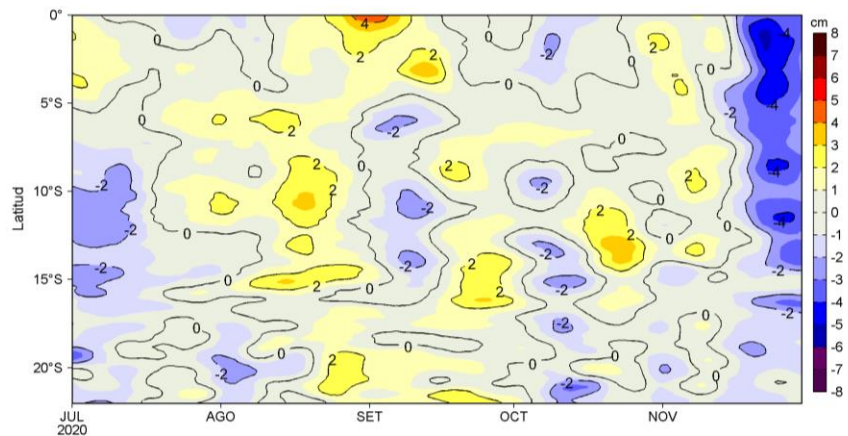


Figura 11. Anomalías del NMM, actualizados al 30 de noviembre del 2020: a) Diagrama Hovmöller durante los últimos 5 meses en estaciones costeras de la DIHIDRONAV, y Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro (b) y con un filtro pasa banda de 10 a 120 días (c), para una franja de 60 millas náuticas (~111 km) adyacente al litoral peruano. Fuente: CMEMS v3.0; Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

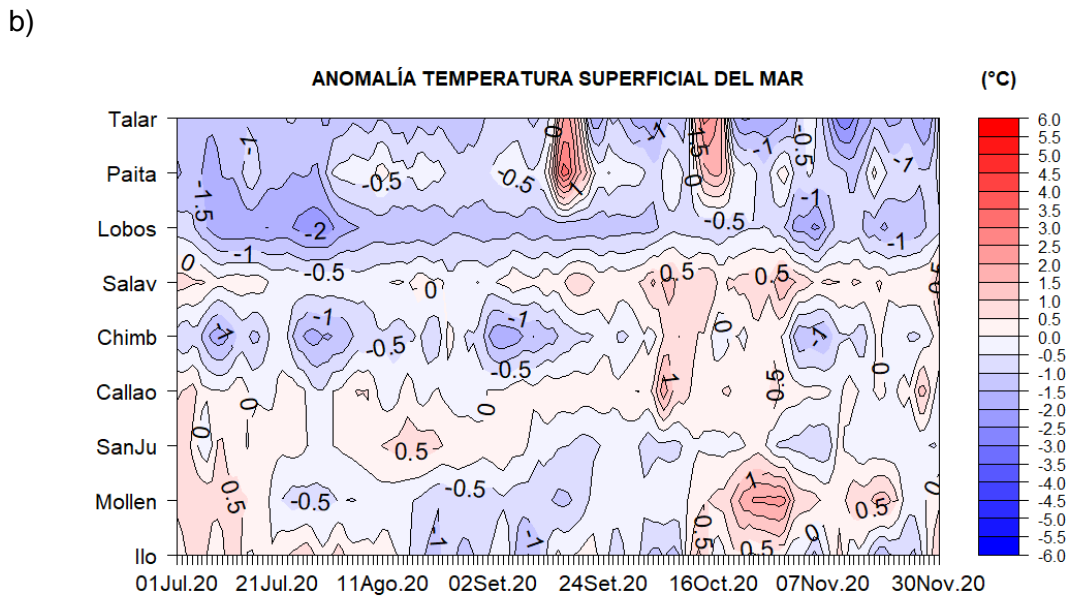
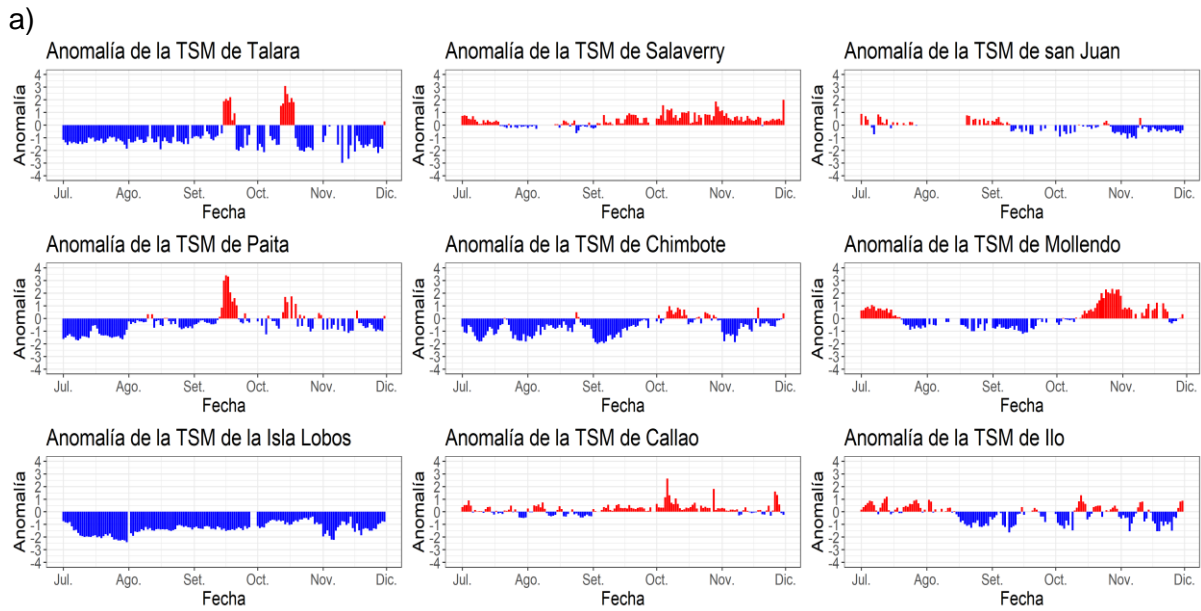


Figura 12. Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie y b) hövmoller. Actualizado al 30 de noviembre. Climatología: 1981-2010. Fuente: DIHIDRONAV.

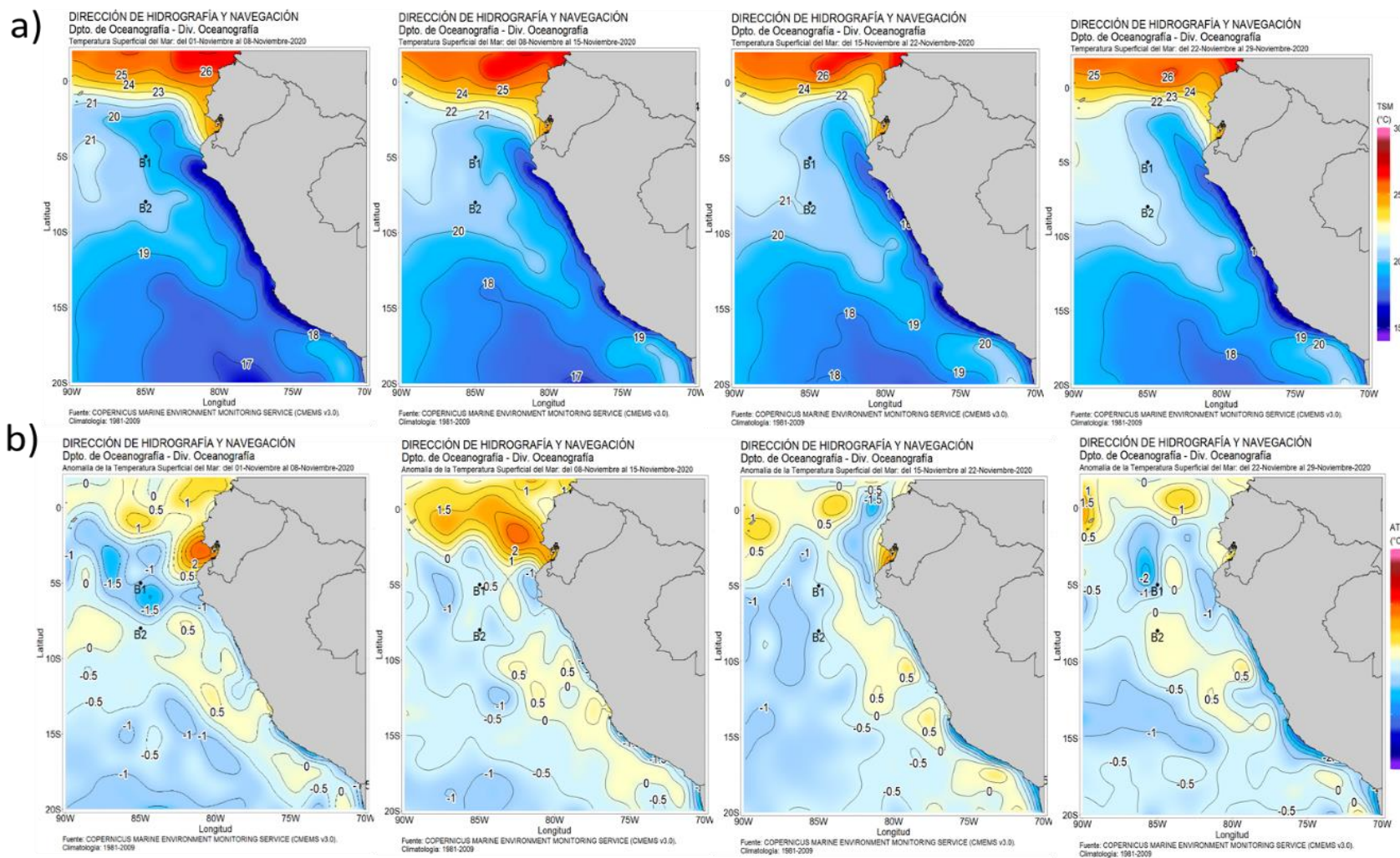


Figura 13. Mapa de distribución espacial de las temperaturas superficiales del mar (TSM, °C) (a), y de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) (b) para cada semana de noviembre de 2020 de forma creciente de izquierda a derecha, en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

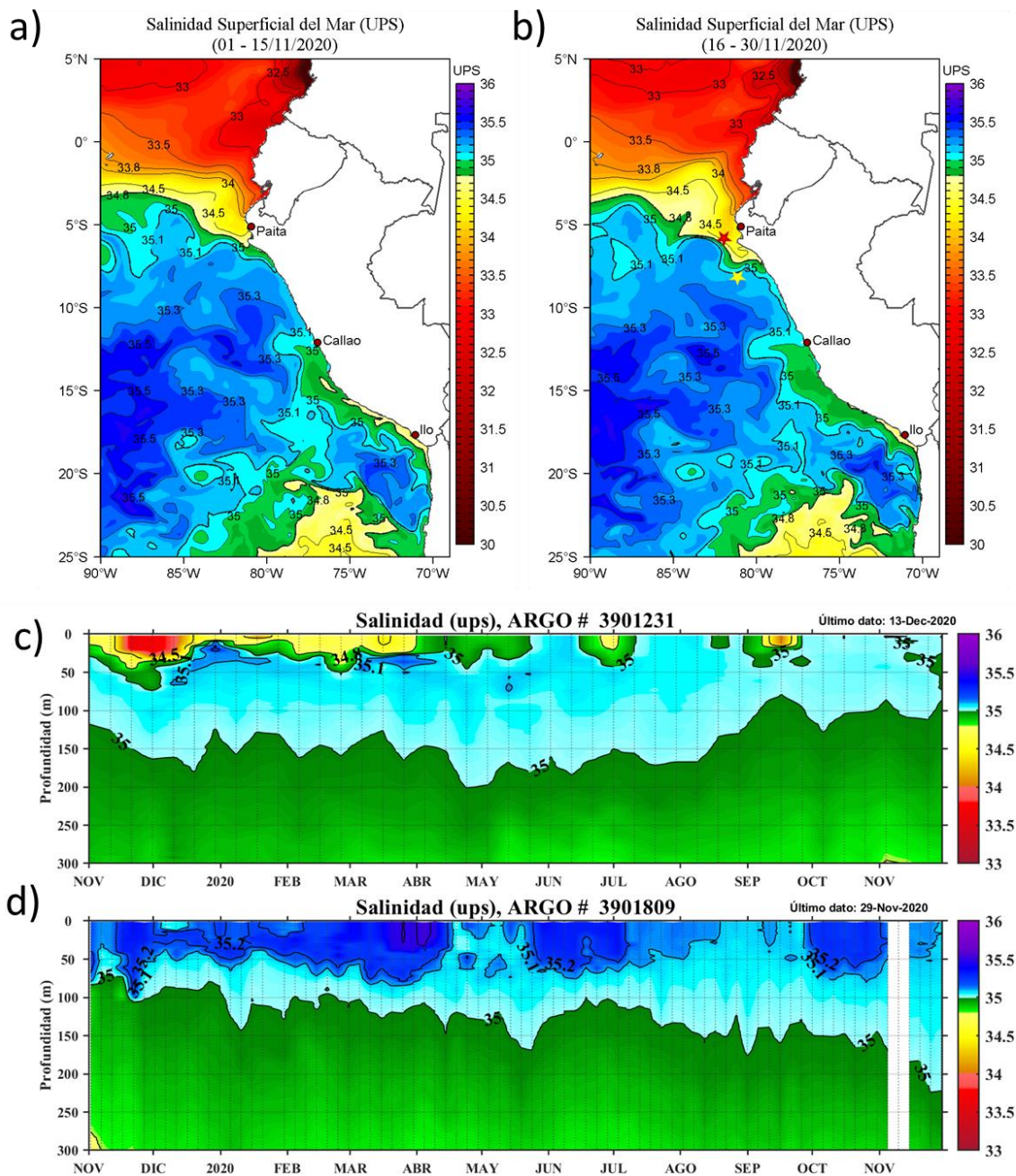


Figura 14. Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar (UPS) para a) la primera quincena de noviembre y b) la segunda quincena de noviembre de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Fuente: MERCATOR. Evolución de la salinidad del agua de mar en los flotadores ARGO a) número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

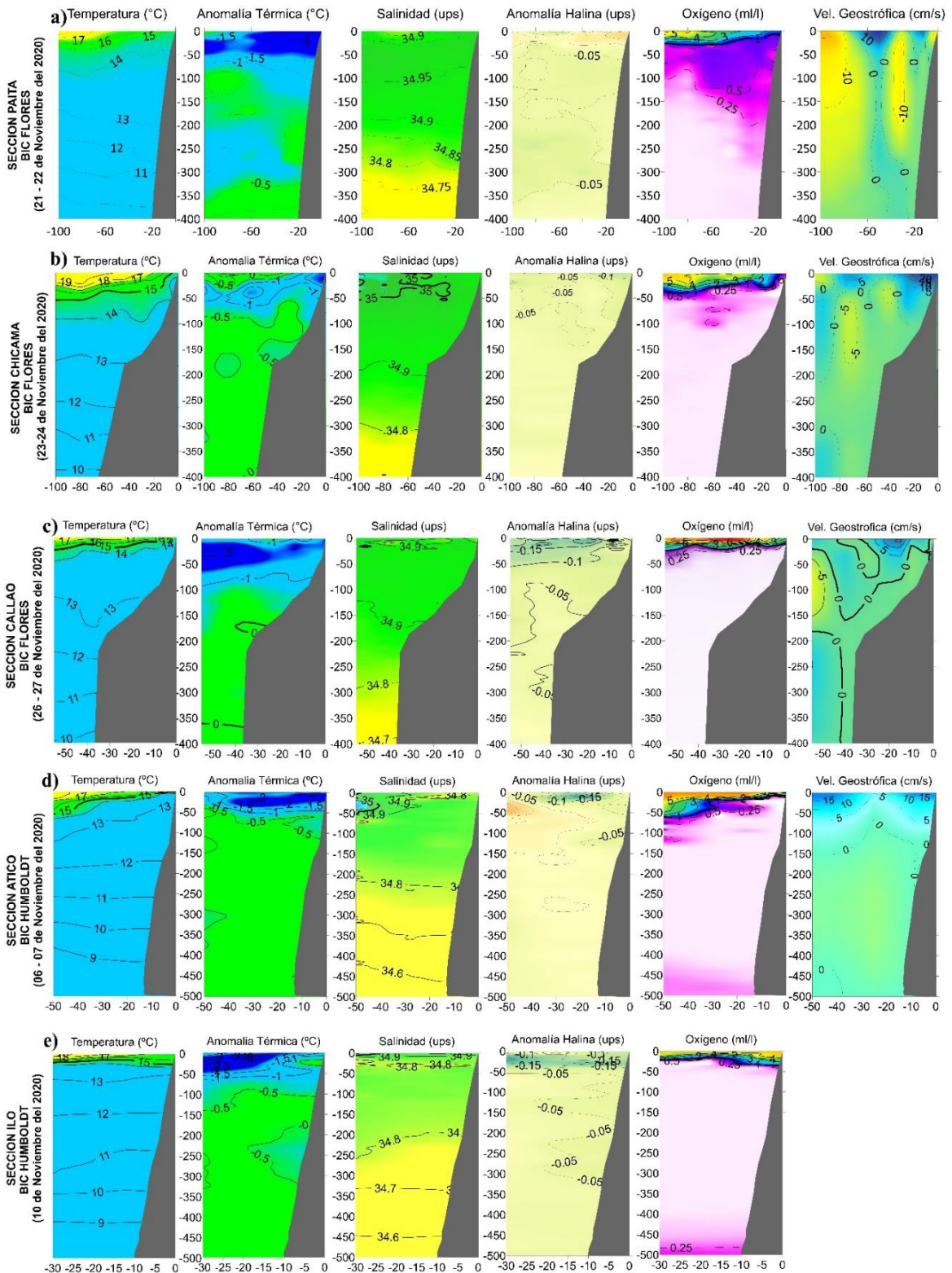


Figura 15. Sección vertical de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad (ups), anomalías halinas (ups), oxígeno (mL L⁻¹) y velocidad geostrofica (cm s⁻¹) (de izquierda a derecha) frente a Paíta, 21-22 de noviembre (a), Chicama, 23-24 de noviembre (b), Callao, 26-27 de noviembre (c), Atico, 07-08 de noviembre (d), y Ilo, 10 de noviembre. Fuente: IMARPE.

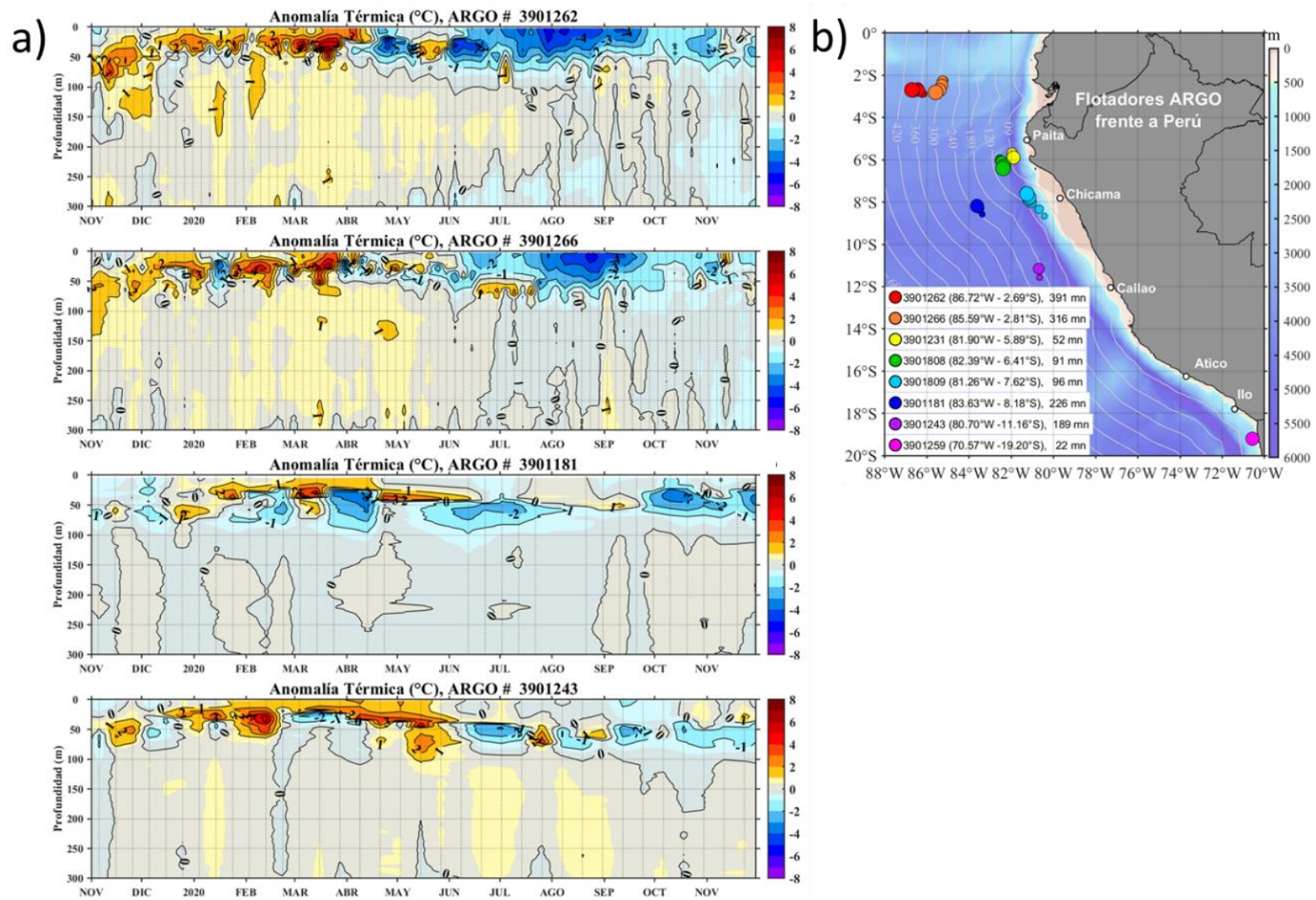
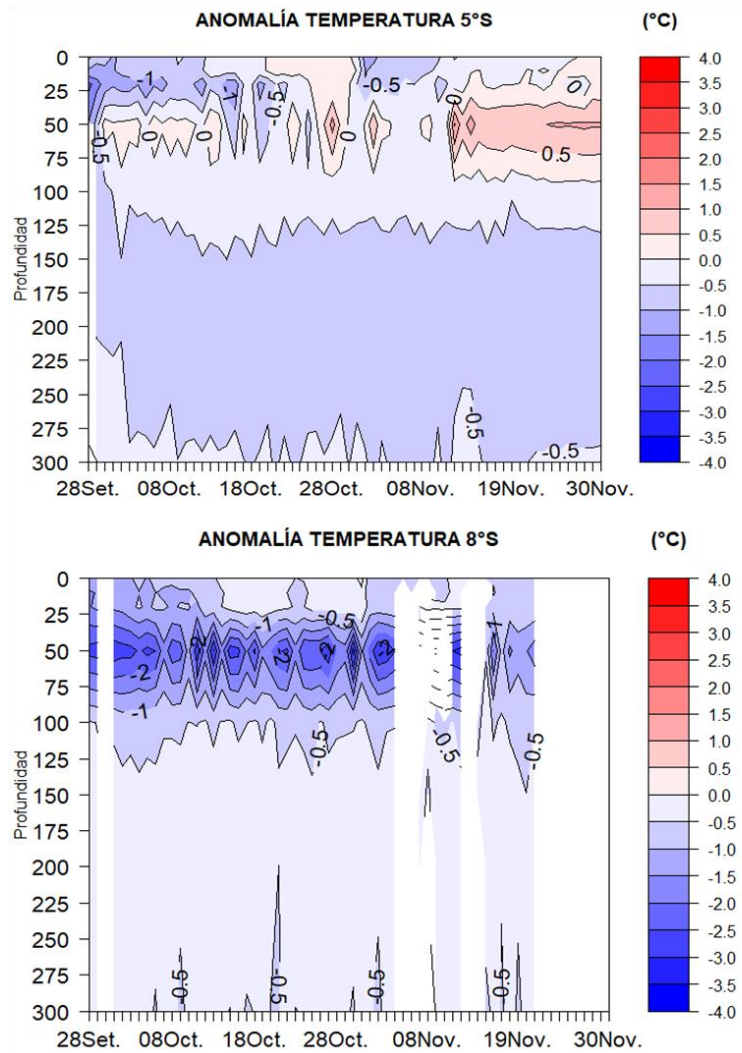


Figura 16. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO en la zona oceánica y d) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de noviembre donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: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

a)



b)

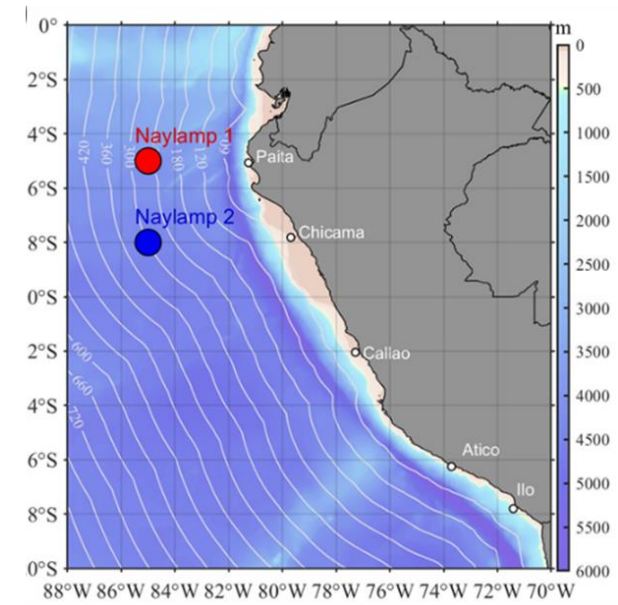


Figura 17. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) en las boyas Naylamp 1 y Naylamp 2, y b) ubicación de las boyas Naylamp 1 (85°W – 5°S) y Naylamp 2 (85°W – 8°S). Procesamiento: DIHIDRONAV.

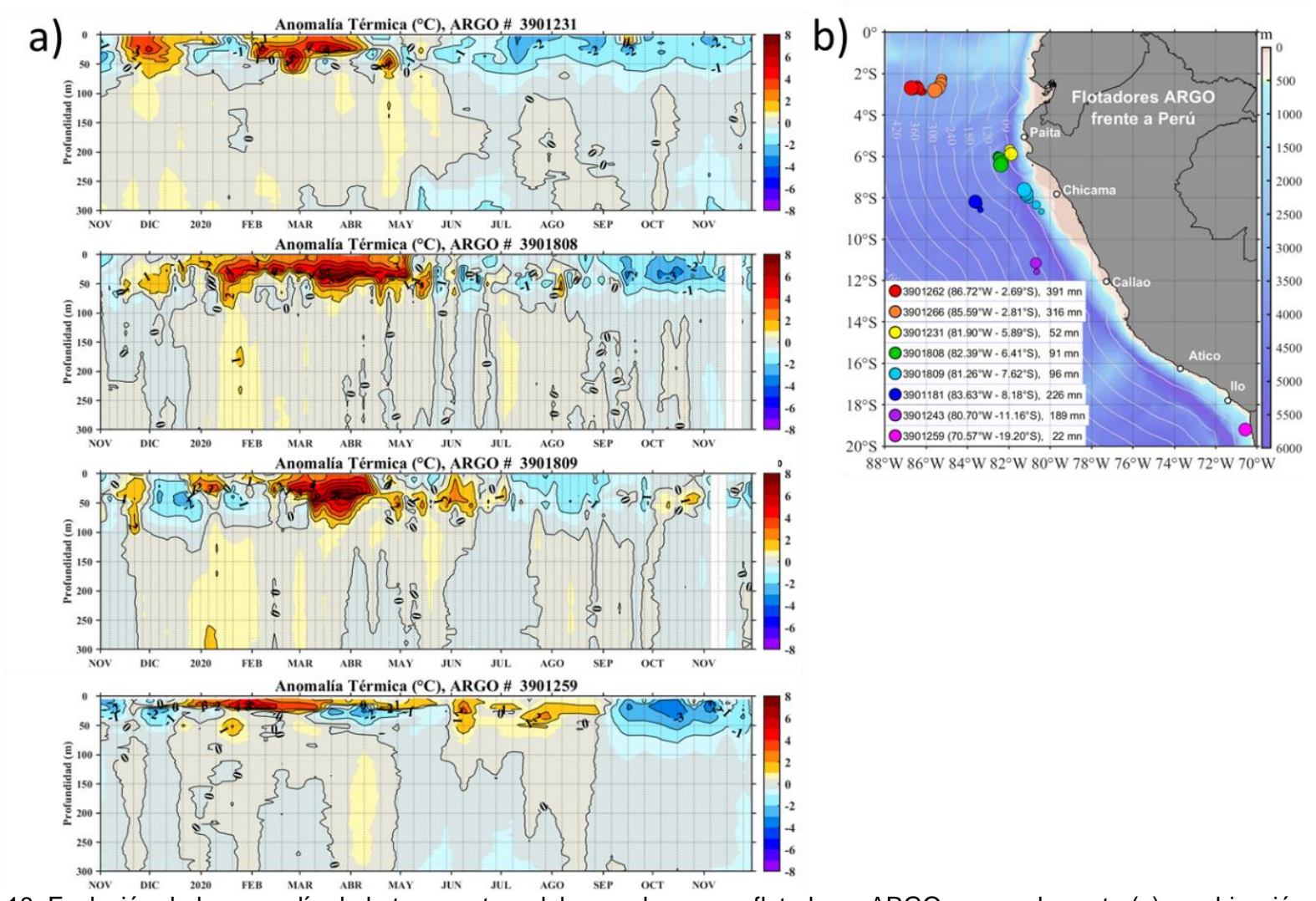


Figura 18. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO cerca a la costa (a); y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de noviembre donde brindaron información los flotadores ARGO (b). Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

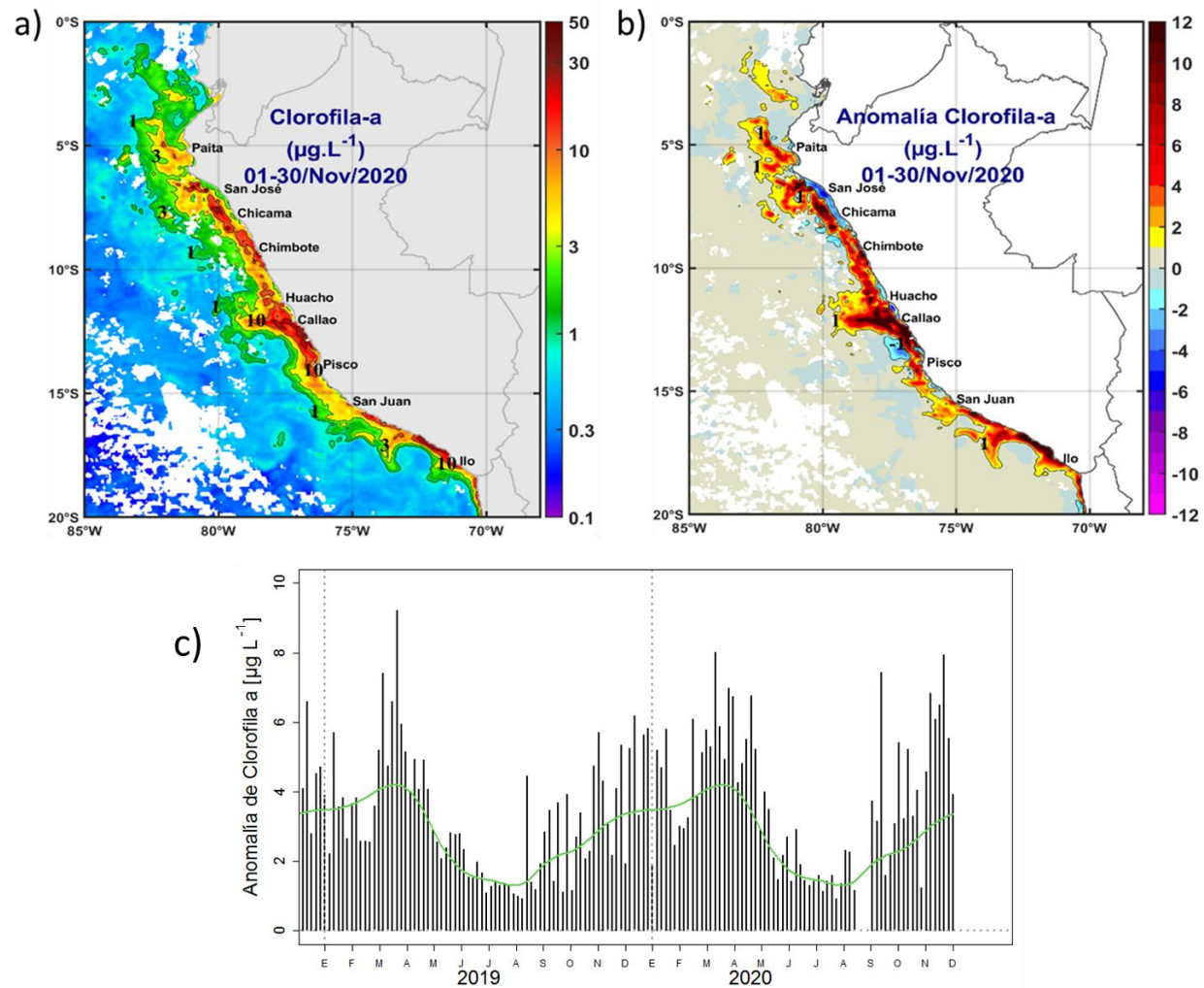


Figura 19. Mapa de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b y d) durante noviembre de 2020, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$). En (c), se muestra la serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barras negras) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWiFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

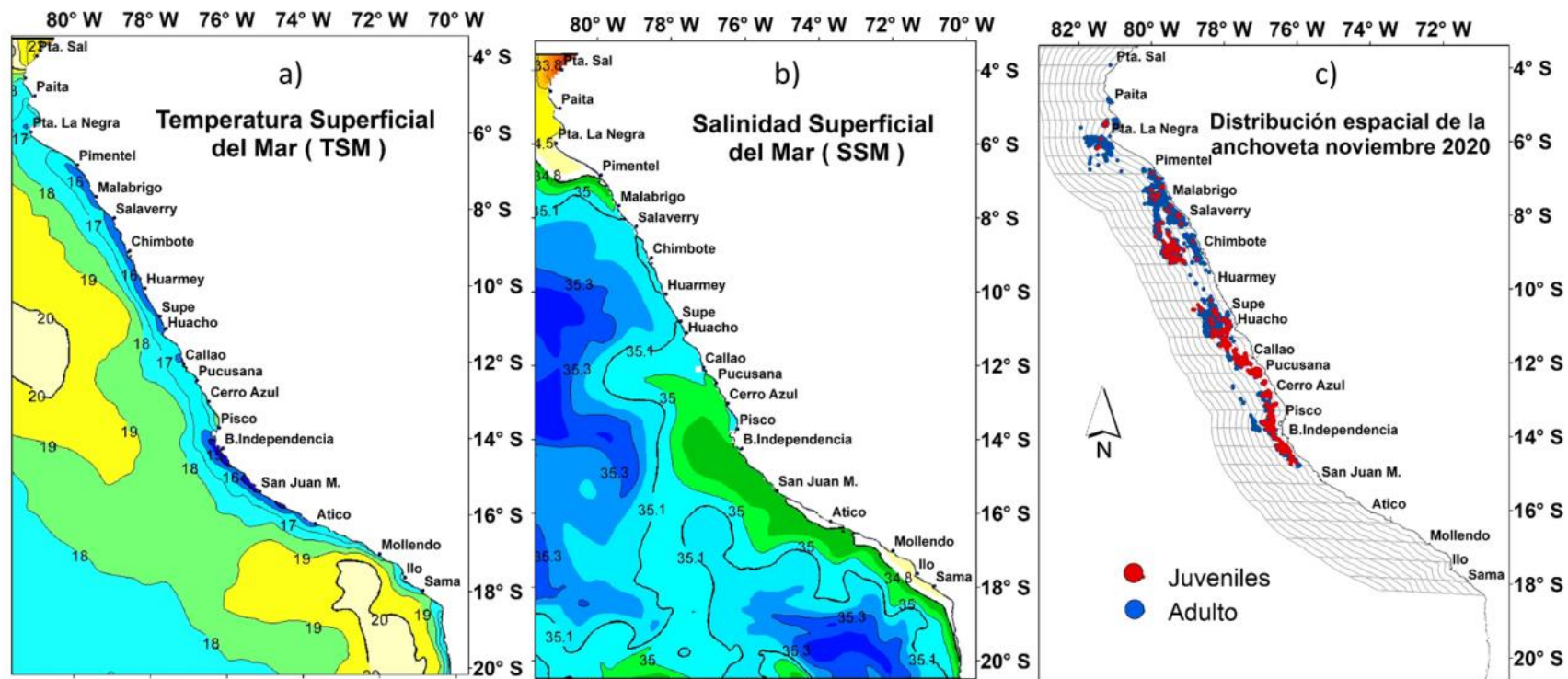
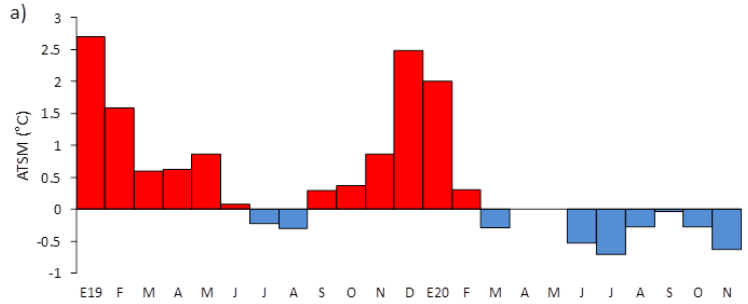
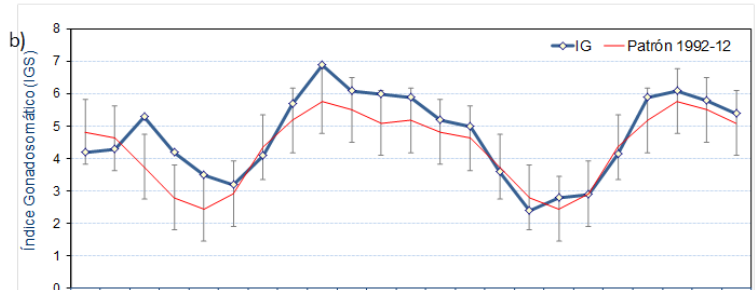


Figura 20. a) Temperatura superficial del mar - TSM (°C), b) Salinidad superficial del mar - SSM (ups) y c) Distribución de la anchoveta durante noviembre 2020 en la región norte – centro. Fuente: IMARPE.

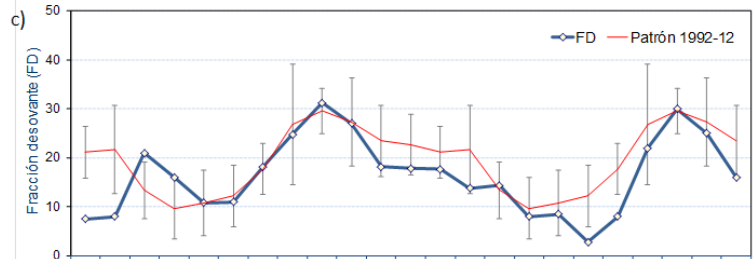
a) ANOMALÍA de la TSM
Laboratorio Costero Chicama



b) ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)
Indicador de Actividad Reproductiva



c) FRACCIÓN DESOVANTE (FD)
Indicador del proceso de desove



d) CONTENIDO GRASO (CG)
Indicador de la reserva de energía

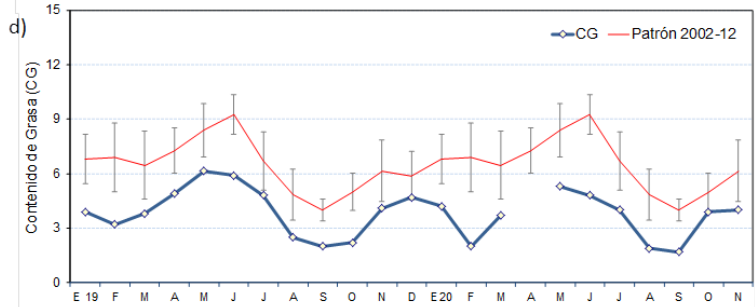


Figura 21. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama, indicadores reproductivos, b) Índice Gonadosomático, c) Fracción desovante e indicadores somáticos d) Contenido graso de anchoveta de la región norte centro durante el periodo enero 2019 y noviembre 2020. Fuente: IMARPE.

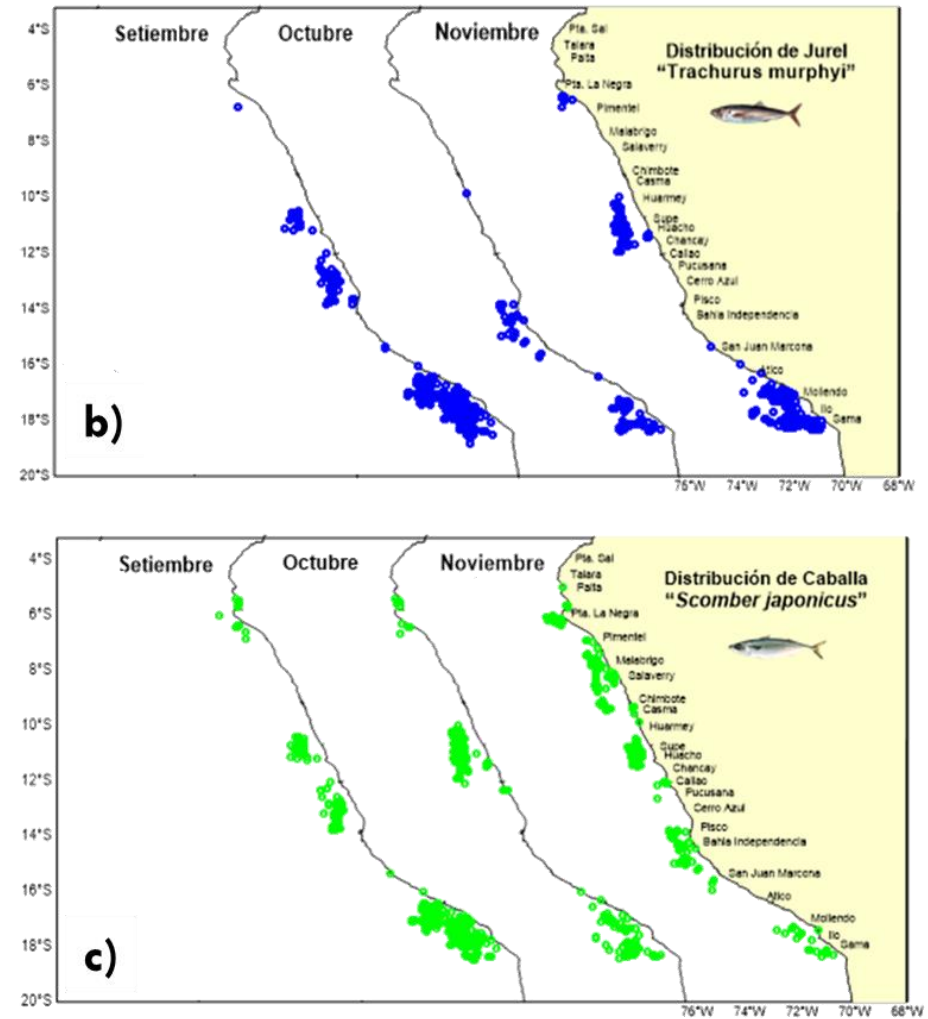
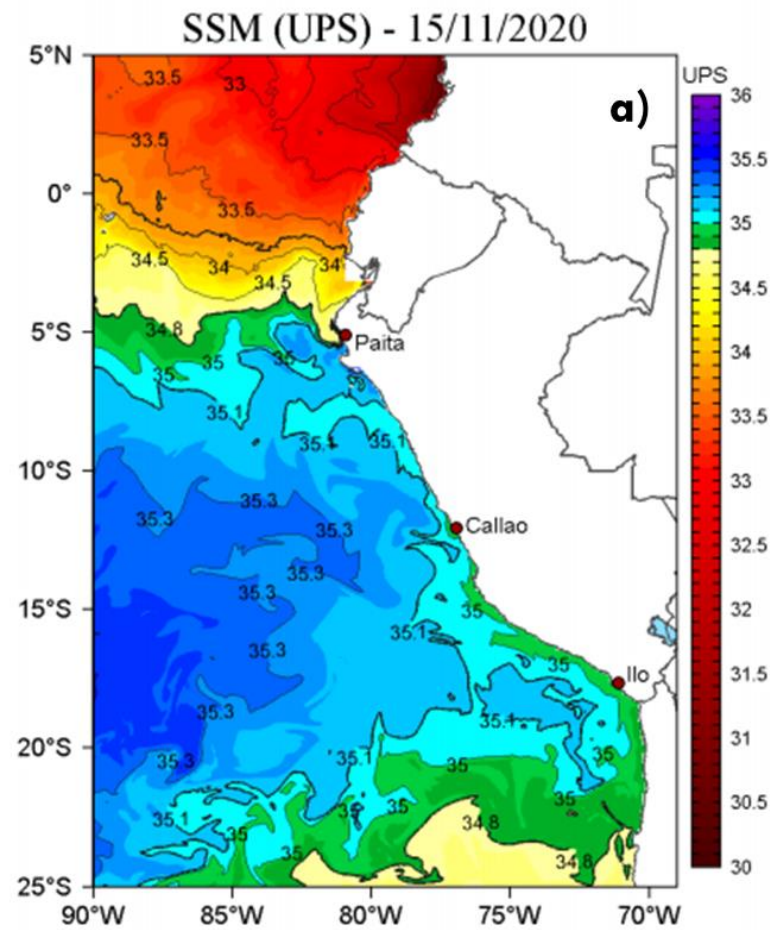


Figura 22. a) Salinidad superficial del mar (SSM) y distribución de b) jurel y c) caballa durante setiembre – noviembre 2020. Fuente: IMARPE.

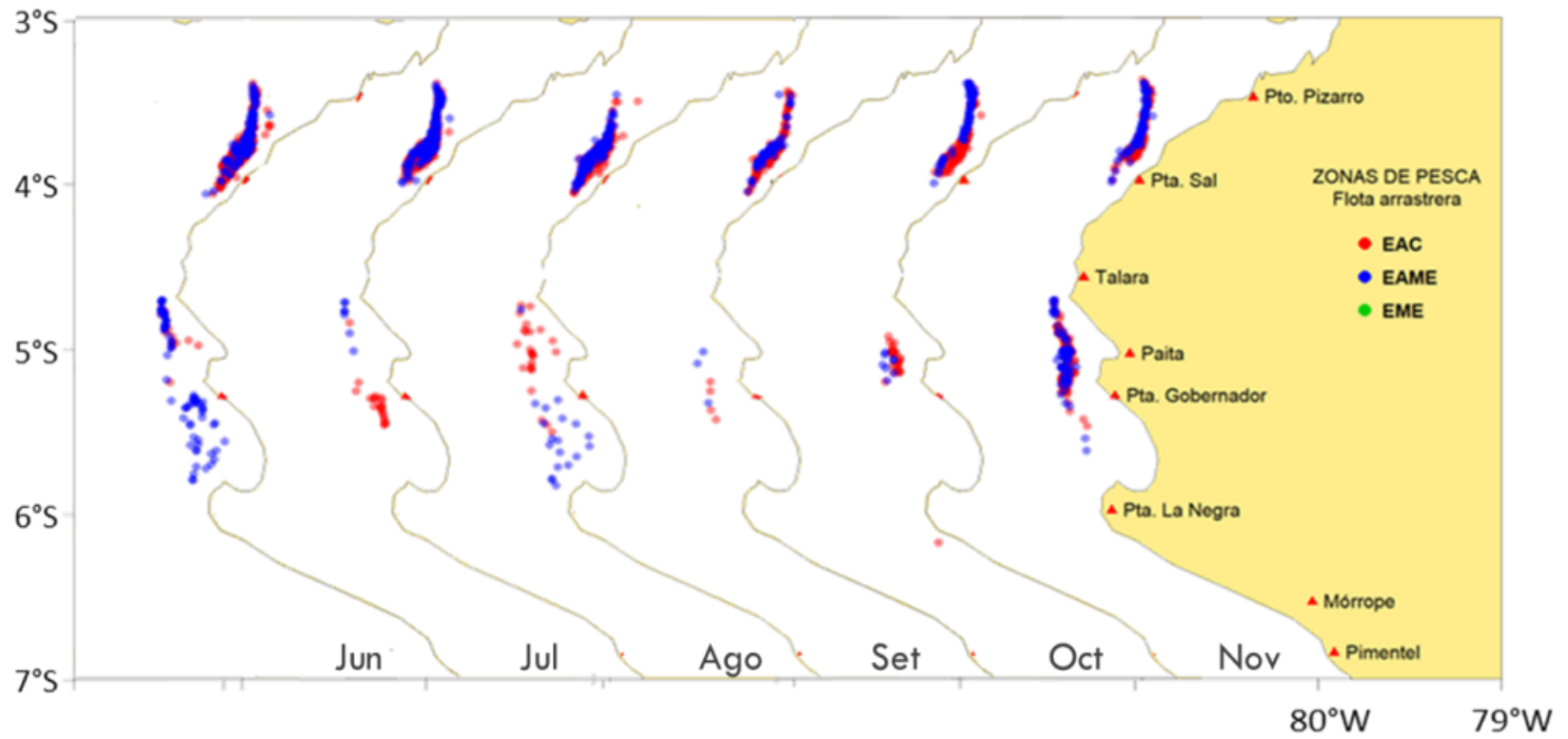


Figura 23. Dstribución mensual de la merluza de junio a noviembre 2020. Fuente: IMARPE.

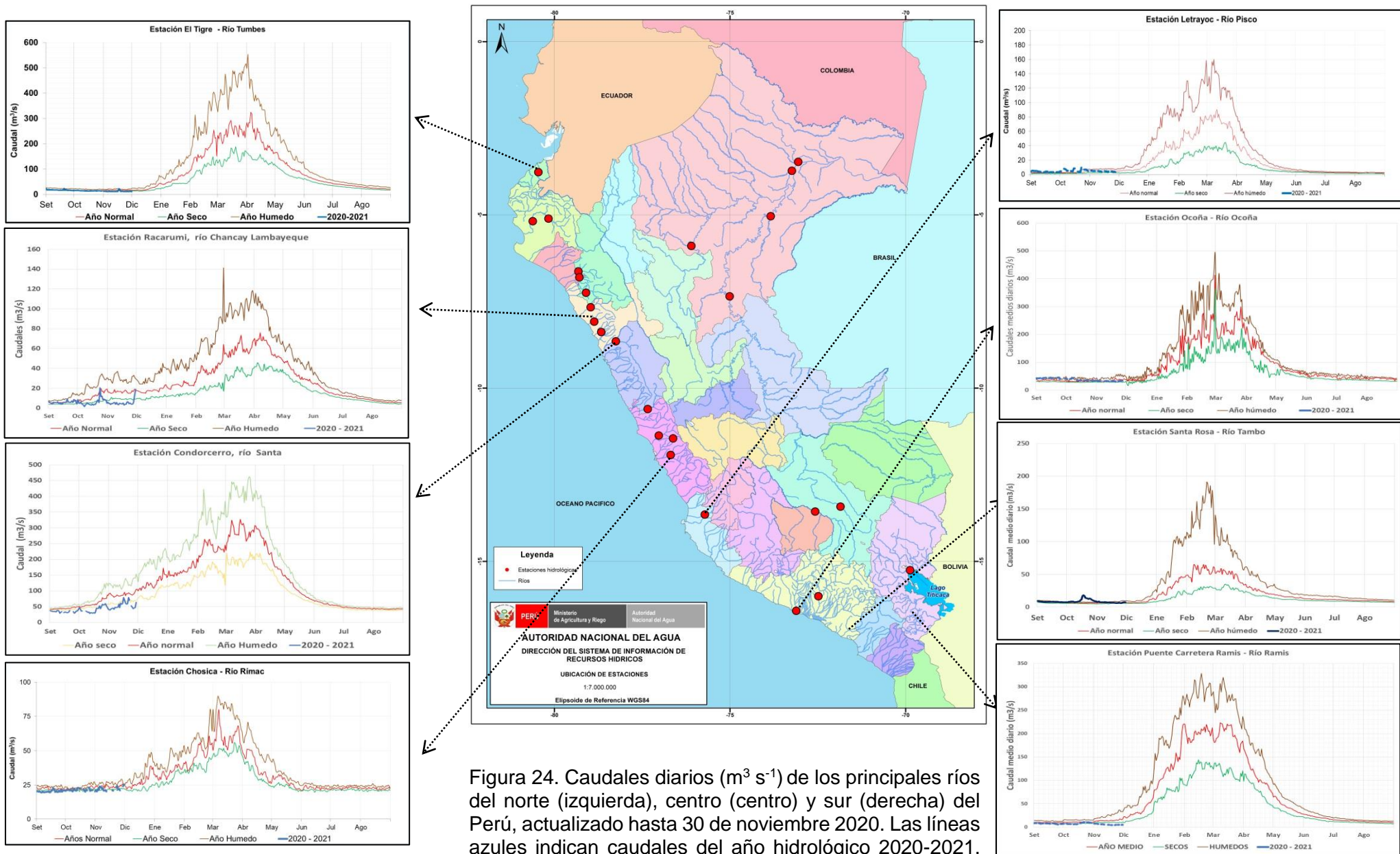


Figura 24. Caudales diarios ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 30 de noviembre 2020. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y Juntas de Usuarios. Procesamiento: ANA.

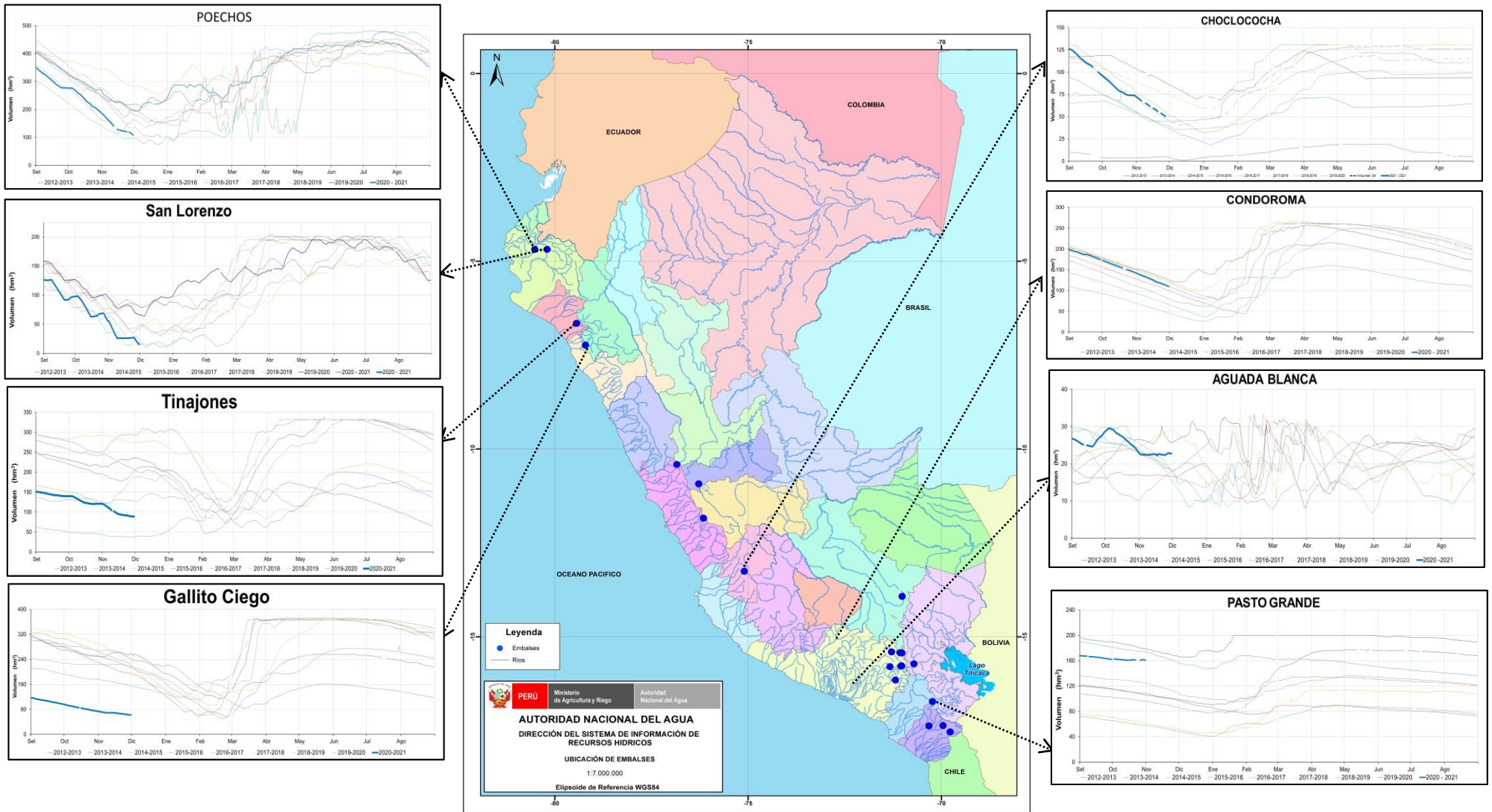


Figura 25. Volúmenes de almacenamiento (hm³) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 30 de noviembre 2020. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: 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.

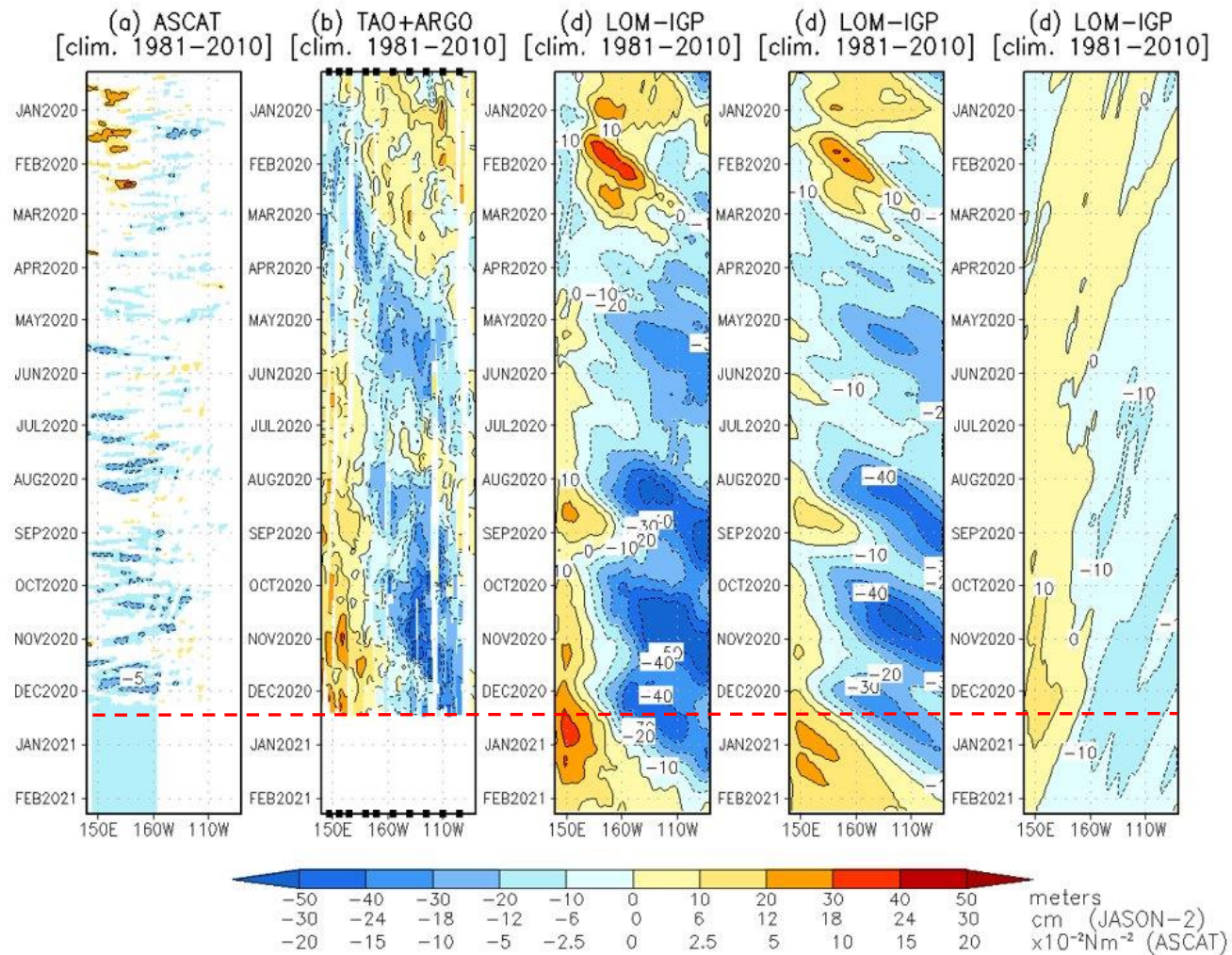


Figura 26. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y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

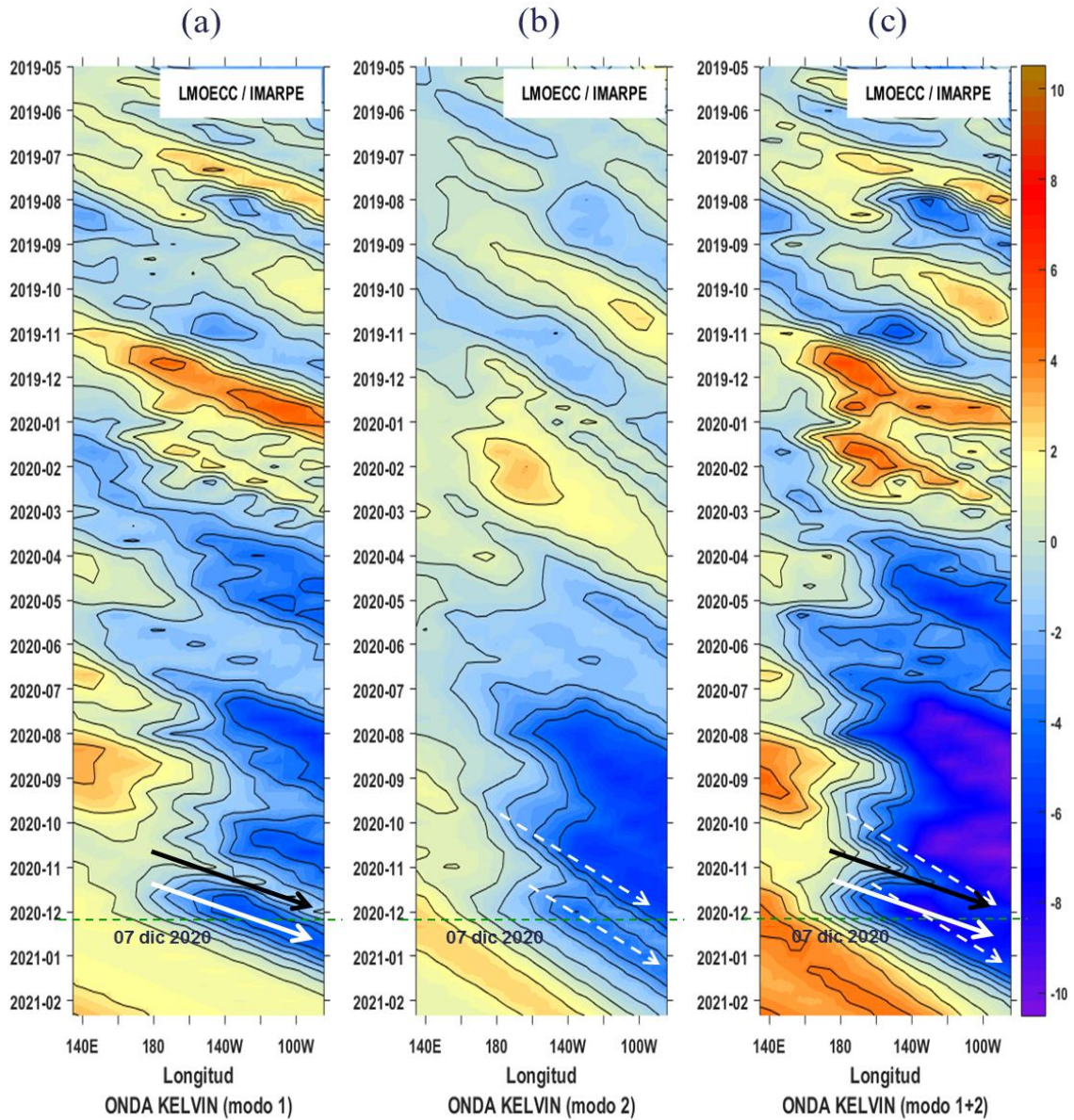


Figura 27. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico: 07 de diciembre. Fuente: IMARPE.

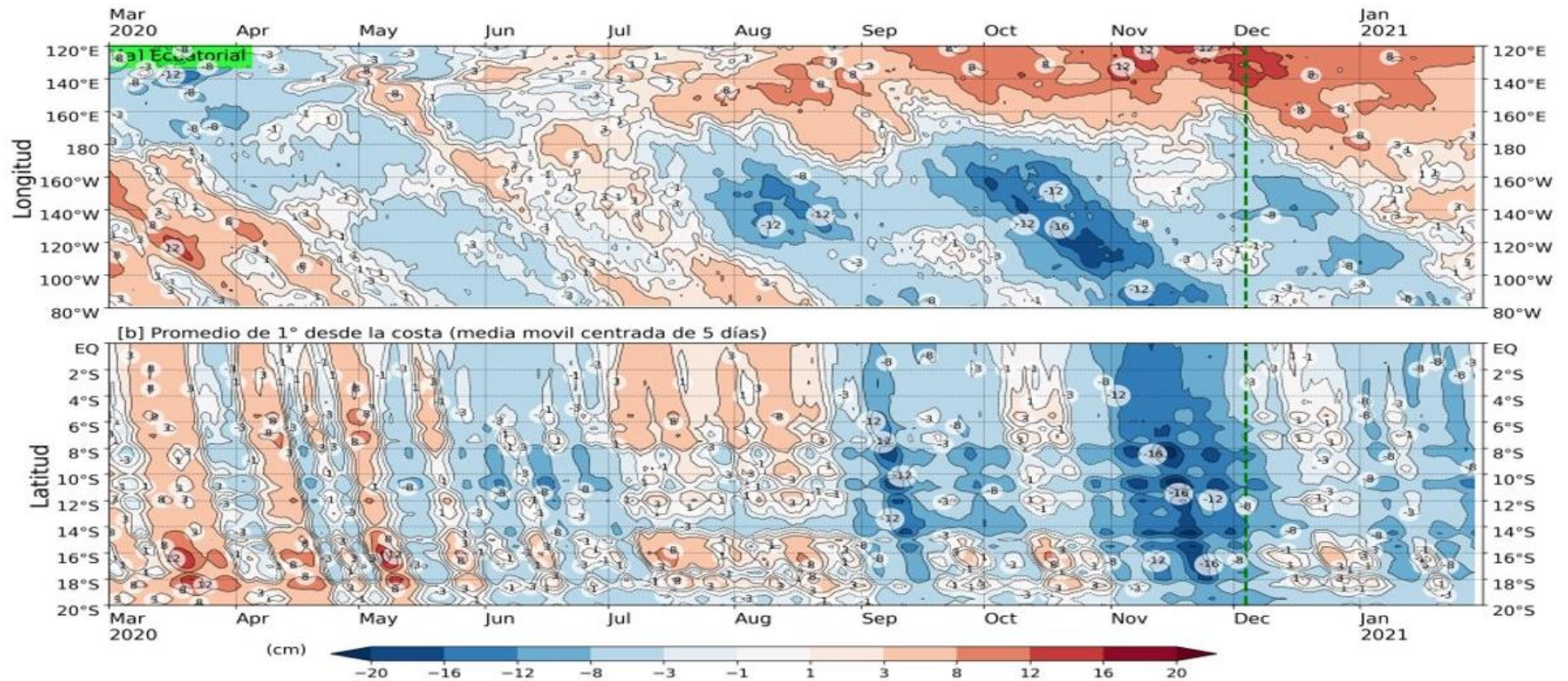


Figura 28. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior). La línea verde representa el inicio del pronóstico. Fuente: IGP.

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 Bujías de Pesca	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA			Producto CMEMS	TRMM-3B42	SeaWIFS + MODIS	GFS	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.

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 incidental, a las especies *Pleuroncodes monodon* “múnida” y *Scomber japonicus* “caballa”. La múnida, indicador de aguas frías, presentó una amplia distribución, desde Paita (5°00’S) a San Fernando (~15°00’S), evidenciando la condición fría que se presenta a lo largo del zona costera (Figura A.2.1.1).

En la pesca artesanal de Lambayeque (~6°S), se capturó, con red de cortina de superficie y de fondo, 45 kg de la especie de la provincia panameña *Anchovia macrolepidota* “anchoa plateada”, pez pelágico que habita sobre playas costera, que en Perú llega a Zorritos (3°00’S), que ocasionalmente se desplaza a Chimbote. Es posible que con el ingreso de las AES pudieran haber ingresado cardúmenes de ésta especie.

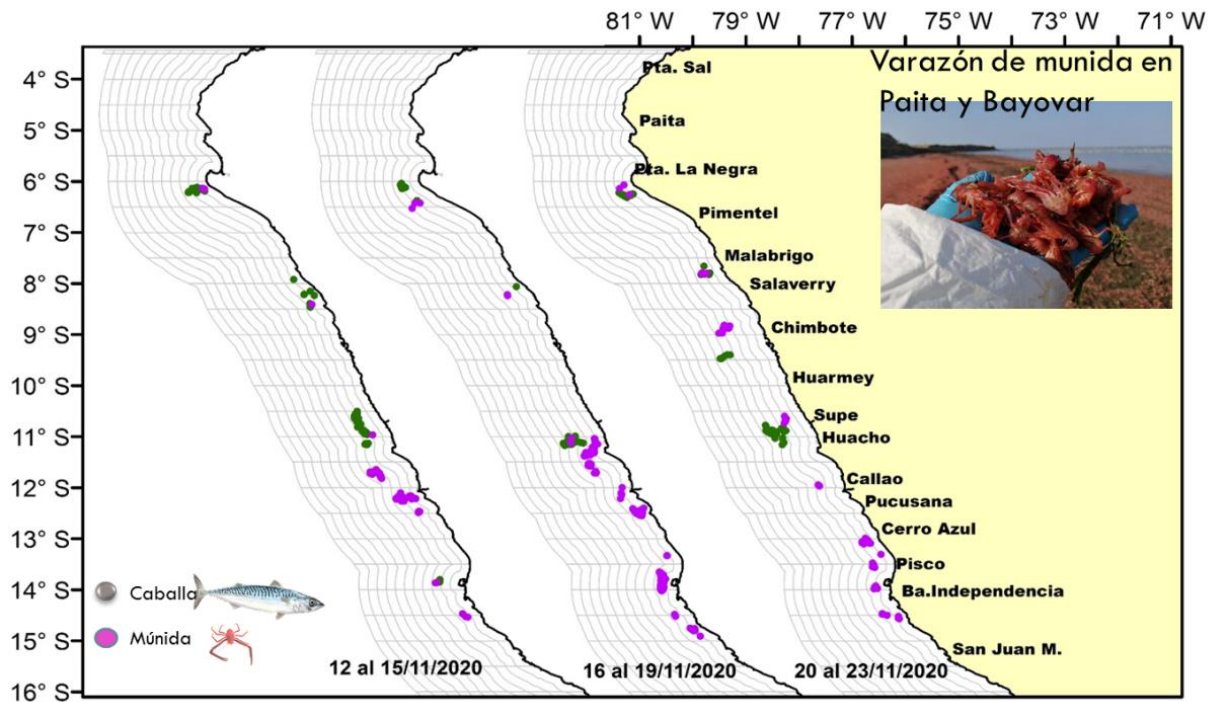


Figura A.2.1.1. Distribución de especies incidentales en la pesca de anchoveta. Noviembre 2020.