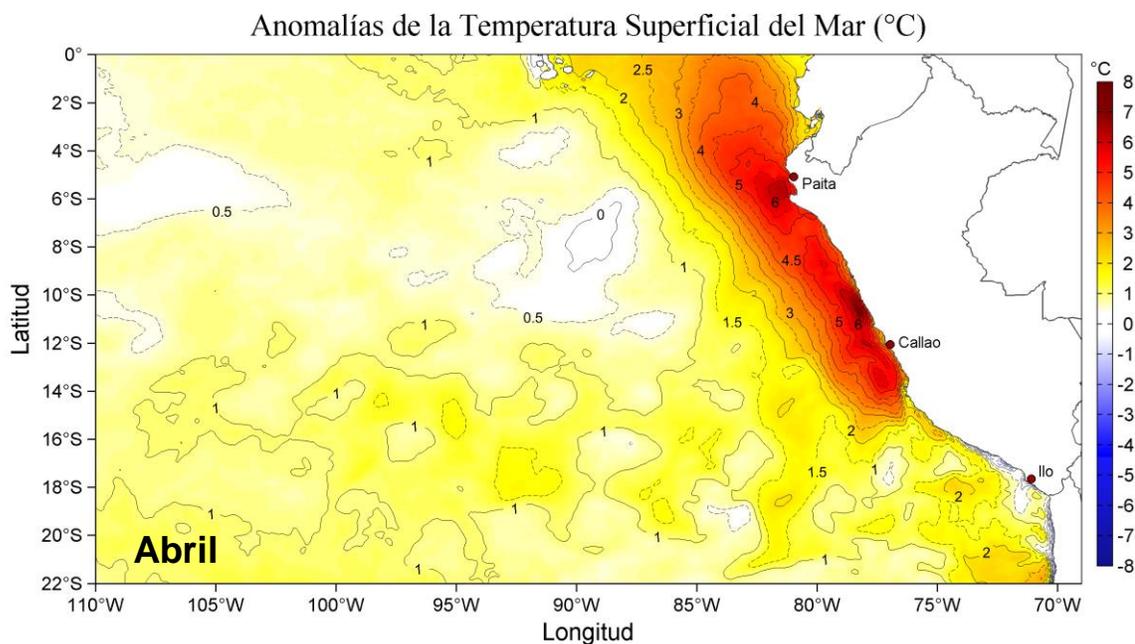


Presupuestal por Resultados N°068

“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres” Producto: Estudios para la estimación del riesgo de Desastres

Actividad 4: Generación de Información y Monitoreo del Fenómeno El Niño

INFORME DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS DE ABRIL e INICIOS DE MAYO 2023



Abril – Mayo 2023

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Abril e inicios de Mayo 2023

Condiciones en el Pacífico ecuatorial

En abril hasta el 08 de mayo, a nivel superficial sobre el Pacífico ecuatorial, la velocidad y el esfuerzo de los vientos alisios aumentaron principalmente entre 120°W a 150°E; mientras que, entre los 100°W y 80°W, se debilitaron o invirtieron, generando pulsos o anomalías del oeste (Figuras 1 y 2). Respecto a la Temperatura Superficial del Mar (TSM), en abril, en el Pacífico ecuatorial central desaparecieron las anomalías negativas, aunque también se debilitaron las anomalías positivas, localizadas al este de los 140°W (+0,5 °C). En la región oriental (Niño 1+2), las condiciones cálidas anómalas se intensificaron, presentándose valores de hasta +5 °C. En la primera semana de mayo, en el Pacífico central las anomalías positivas se extendieron hasta los 150°W; mientras que, en la región oriental las anomalías positivas disminuyeron a +3 °C (Figura 3). Los anomalías mensuales de TSM (ERSST v5) en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, fueron de +2,66 y +0,09 °C respectivamente (Figura 4). El Índice ONI (Oceanic Niño Index) para febrero–abril 2023 (-0,16) indicó condición neutra en el Pacífico central, mientras que, el ICEN en el mismo período (+1,51) indicó condiciones cálidas moderadas en la región Niño 1+2 (Tabla 3). En la capa sub-superficial de 300 m del Pacífico ecuatorial, en abril las anomalías térmicas de +2 °C se expandieron a lo largo de toda la banda ecuatorial, presentándose, tanto en el extremo occidental como en el lado oriental, núcleos con anomalías de +5 °C, a 150 m y a 50 m de profundidad, respectivamente, aunque las del extremo occidental tendieron a debilitarse a inicios de mayo. La anomalía del contenido de calor aumentó respecto a marzo, especialmente en las regiones central y oriental (Figuras 2, 5 y 6).

Condiciones atmosféricas a escala regional y local

Respecto al Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en abril se encontró ubicado en los 115,0°W, 40,0°S, desplazado al suroeste de su posición habitual, con una intensidad de 1020,6 hPa, con una anomalía de -1,1 hPa (Figuras 7 y 8), mientras que, en lo que va de mayo, se encuentra ubicado en los 92,5°W, 32,5°S, desplazado al sureste de su posición habitual, con una intensidad de 1028,3 hPa, con una anomalía de +7,8 hPa. En la zona ecuatorial frente a Ecuador y norte de Perú se observó un predominio de anomalías de viento del oeste durante el mes de abril (Figuras 9 y 10). Hasta el 09 de mayo, la anomalía del viento meridional frente a la costa norte y el dipolo de la anomalía de viento zonal frente a Colombia y frente al sur de Ecuador - norte de Perú, continuó mostrando un patrón similar al observado durante El Niño Costero 2017, aunque más débil que en marzo (Figura 11).

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 40 km, se presentaron vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m s⁻¹) a fuertes (> 6,8 m s⁻¹), con anomalías de viento en el rango positivo (> +2,0 m s⁻¹), principalmente desde Talara (Piura) hasta San Juan de Marcona (Ica), mientras que, al norte de Talara y al sur de San Juan de Marcona, predominaron vientos moderados a débiles (< 4,1 m s⁻¹), con anomalías de viento en el rango neutral a negativo (< -1,0 m s⁻¹). La mayor intensidad del viento se registró entre Pisco a San Juan de Marcona (Figura 12).

Respecto a las anomalías del índice de afloramiento costero, se presentaron valores positivos principalmente entre los 9°S a 16°S; mientras que, al 08 de mayo se extendieron al norte, llegando a los 4°S. Desde abril al 08 de mayo, la anomalía del bombeo de Ekman mostró una tendencia ascendente a valores positivos, la cual está vinculada a la mayor intensificación de los vientos oceánicos relativa a los vientos costeros (Figura 13).

Condiciones oceanográficas a escala regional y local

Respecto a la Anomalías del Nivel de Mar (ANM), durante abril al 08 de mayo en la zona de Galápagos, presentó 2 pulsos de incremento, uno a mediados de abril y otro a inicios de mayo, asociados al paso de dos ondas Kelvin (OK) cálidas. En la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana las ANM se incrementaron sostenidamente, alcanzando valores superiores a +25 cm entre el extremo norte del litoral y Pucusana durante abril, asociado al efecto de la primera OK cálida mencionada anteriormente; mientras que, aún no se detecta la señal de la segunda (Figuras 14 y 15). La actividad de mesoescala se desarrolló principalmente desde la segunda quincena de abril hasta el 08 de mayo, frente a la costa central, con una polaridad anticiclónica frente al sector entre Huarmey-Huacho y al sur de Callao. En el sector sur, predominaron remolinos del tipo ciclónico principalmente por fuera de las 50 mn, destacando la zona frente a San Juan de Marcona e Ilo (Figuras 16 y 17). Además, en abril se observó una disminución en el número de remolinos detectados, radio y energía cinética, aumentando ligeramente en la primera semana de mayo (Tabla 1). En promedio, de Talara hacia el sur se detectaron flujos geostroficados superficiales hacia el sureste, que ocuparon un área de hasta 180 mn frente a la costa norte con velocidades próximas a 20 cm s⁻¹. Estos flujos continuaron en la primera semana de mayo fuera de las 60 mn de la costa norte y central, debido a la actividad costera de mesoescala (Figura 16).

El mes de abril, en promedio, se distinguió por el desplazamiento de las aguas de 25 a 28 °C hacia la costa central; mientras que, de San Juan de Marcona a Ilo prevaleció una estrecha banda de aguas de 20 a 18 °C (Figuras 18 y 19). En la zona norte-centro, estas condiciones se asociaron a anomalías de TSM > +4 °C, más intensas que las observadas durante marzo y que alcanzaron sus máximos valores la primera quincena de abril, con núcleos de hasta +7 °C frente a Paita y Chimbote; al sur de Pisco predominaron anomalías de +1 a +2 °C (Figuras 20 y 21). Del 21 de abril al 07 de mayo, de Talara al sur, el sector costero, con TSM de 25 a 21° C, amplió su distribución hacia el oeste; esto generó una atenuación de las anomalías positivas al norte de Pisco, donde a inicios de mayo se registraron valores promedio de +3 °C (Figuras 19 y 21). También, desde la tercera semana de abril se detectó un enfriamiento de la TSM entre 2 y 3 °C en la franja adyacente a la costa (Figuras 22 y 23). Por otro lado, se registró la disminución de las anomalías diarias de la TSM en el litoral entre Paita y Callao alrededor de la primera quincena de abril, manteniéndose luego en el rango de +3 a +5 °C; hacia el sur del litoral las anomalías fueron más débiles y estables (Figura 24 y Tabla 2). Al sur de Atico, de acuerdo a información del crucero 2304-06, del 03 al 08 de mayo se detectaron anomalías de +1 a +3 °C (Figura 25), concordante con los muelles de IMARPE (Figura 24). Por último, los valores preliminares de los índices térmicos locales señalaron para abril y al 07 de mayo 2023 condiciones cálidas fuertes, según LABCOS (+2,9° C, MAM 2023), y cálidas, según ITCP (+2,9; MAM 2023) (Figura 26, Tabla 3).

El calentamiento que afecta el mar peruano continuó su desarrollo como una ola de calor marina (OCM), con una duración de 72 días al 8 de mayo, desde su inicio (Figura 27).

La OCM exhibió su máxima extensión el 15 de abril ($3.77 \times 10^5 \text{ Km}^2$), ocupando la totalidad de la franja de 150 mn adyacente a la costa entre los 2 y 15°S; de esta, un 80 % ($3.03 \times 10^5 \text{ Km}^2$) presentó anomalías superiores a +4 °C. Desde la segunda quincena de abril, la cobertura espacial de la OCM disminuyó en su flanco costero. La anomalía acumulada al 8 de mayo alcanzó 275,13 °C x días, cercana a los 300 °C x días registrados durante El Niño Costero 2017, que tuvo una duración total de 75 días (Pietri et al., 2021).

Respecto a la temperatura subsuperficial a fines de abril, frente a Paita y Chicama, y dentro de las 100 mn se observó el predominio de anomalías positivas sobre toda la columna de agua, con anomalías de +2 °C, en promedio, sobre los 150 m de profundidad (Figura 28). En general, entre abril y mayo, frente a Paita y Chicama, se observó una expansión vertical de las anomalías positivas (> +1 °C) en la columna de agua, aunque las máximas anomalías positivas se han reducido en la última semana de abril y primera semana de mayo (+ 4 °C) respecto a inicios de abril (+ 8 °C) (Figuras 28 y 29). La termoclina a fines de abril exhibió una profundización significativa respecto a fines de marzo, alcanzando unos 60 a 100 m más respecto a su climatología, asociado al paso del paquete de ondas Kelvin cálidas durante abril (Figura 30). Considerando los registros de boyas Argo frente a la costa norte, entre fines de abril e inicios de mayo, se registró una expansión hasta los 125 m de profundidad de las anomalías superiores de +2 °C, lo cual es superior a lo observado durante El Niño Costero 2017, y comparable a lo observado durante El Niño 2015-2016 (Figura 31).

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró que la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) alcanzó la zona de Paita durante la primera quincena de abril, para luego replegarse hasta Punta Sal los primeros días de mayo (Figuras 25, 32 y 33). Asimismo, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se habrían aproximado hasta Huarmey en la primera quincena de abril (~50 mn de la costa) (Figura 32), proyectándose por fuera de las 140 mn frente a Huacho a fines de abril, según información *in situ* (Figura 28). Dentro de las 30 mn de la costa, desde Chimbote hacia el sur predominaron aguas costeras frías (ACF) aunque con una aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia la costa entre Huacho y Punta Bombón a partir de la segunda semana de abril y que se mantuvo hasta mayo, de acuerdo a MERCATOR. Asimismo, el modelo señaló un ligero repliegue de las AES hacia el norte en la franja costera en la primera semana de mayo (Figura 32), aunque los datos *in situ* evidenciaron la persistencia de las AES en la zona oceánica de Huacho (Figura 33). Información *in situ* mostró la presencia de las ACF ($S=35,0$) dentro de las 10 mn entre Punta Bombón y el extremo sur en la primera semana de mayo (Figura 25). Finalmente, a lo largo del litoral norte persistieron las anomalías negativas de salinidad en abril, aunque tendiendo a normalizarse en la primera semana de mayo (Figura 34).

Respecto a los flujos geostroficados en sub-superficie, en Paita y Chicama se determinaron corrientes al sur: sobre la plataforma con velocidades entre 10 y 30 cm s^{-1} ; por fuera de las 60 mn, sobre los 150 m con velocidades de hasta 30 cm s^{-1} (Paita) y sobre los 250 m con velocidades de hasta 50 cm s^{-1} (Chicama). Además se detectaron flujos débiles superficiales al norte dentro de las 10 mn, y de hasta 20 cm s^{-1} entre las 40 y 60 mn frente a ambas localidades (Figura 28).

Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), en la última semana de abril, en la sección Paita y en la sección Chicama estuvieron entre 3,0 a 5,0 mL L^{-1} sobre la capa de los 50-60 m, con tendencia a un débil afloramiento de la iso-oxígena de 4,0 mL L^{-1} en la zona costera. El límite superior de la zona de mínimo de oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) fue registrado por debajo de los 260 m de profundidad y a 140 - 230 m de profundidad, frente a Paita y a Chicama, respectivamente (Figura 28).

Al igual que la termoclina, la oxiclina a fines de abril exhibió una profundización significativa respecto a fines de marzo, alcanzando unos 60 a 100 m más respecto a su climatología (Figura 30).

Los nutrientes en la sección Paita a fines de abril, presentaron concentraciones muy bajas fuera de las 30 mn, mientras que a menor distancia mostraron valores superiores a $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfatos y $5,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de silicatos; concentraciones más elevadas se registraron por debajo de los 50 m de profundidad con valores superiores a $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfatos y $10,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de silicatos y nitratos. La sección Chicama registró concentraciones asociadas al afloramiento dentro de las 50 mn, con valores superiores a $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfatos y $5,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de nitratos. A su vez, las concentraciones de $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfatos y $10,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de silicatos y nitratos alcanzaron la superficie del mar como clara tendencia del afloramiento a 20 mn de costa (Figura 35).

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, durante abril presentó concentraciones alrededor de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 15 mn a lo largo de la costa peruana, y valores menores a mayor distancia de la costa. En la franja de las 80 mn se detectaron anomalías negativas inferiores a $-2 \mu\text{g L}^{-1}$ y a $-4 \mu\text{g L}^{-1}$ de Paita a Huacho y de Huacho a Pisco, respectivamente (Figura 36). Para la última semana de abril, los datos *in situ* mostraron concentraciones $\leq 1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 100 mn de Paita y fuera de las 50 mn de Chicama sobre los 25 m; en esta última sección dentro de las 30 mn se detectaron valores de hasta $10 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 35). En la primera semana de mayo, dentro de las 10 mn, se registraron concentraciones de clorofila-a satelital de hasta $5 \mu\text{g L}^{-1}$, especialmente entre San José y Chimbote. Las condiciones anómalas de baja productividad persisten desde enero (Figura 37), posiblemente relacionadas al efecto de las ondas Kelvin cálidas que han profundizado a la termoclina y a la nutriclina.

Indicadores ecológicos y biológico pesqueros

Respecto al volumen del plancton, frente a Paita, dentro y fuera de la zona costera, predominaron el zooplancton y el fitoplancton, respectivamente; mientras que, en Chicama se observó un comportamiento opuesto (Figura 39).

En cuanto al fitoplancton, en Paita, se registró al dinoflagelado *Ceratium breve* var. *parallelum*, indicador de AES, entre 5 y 100 mn de la costa, asociado a una TSM entre $23,4^\circ\text{C}$ y $26,8^\circ\text{C}$. Frente a Chicama, se determinó a *P. obtusum*, indicador de ACF, entre 5 y 15 mn, asociado a TSM entre $21,1^\circ\text{C}$ y $22,7^\circ\text{C}$ (Figura 38). La composición del fitoplancton en ambas áreas se muestra en la Tabla 4.

Respecto al zooplancton, frente a Paita se ha determinado al copépodo *Centropages furcatus*, indicador de AES, en toda el área evaluada; asimismo, los copépodos *Acartia danae* y *Calocalanus plumulosus*, asociados a ASS, se ubicaron en toda la sección. Frente a Chicama, se determinó al copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a ACF dentro las 15 mn, y la especie *C. furcatus* (AES) se registró entre las 15 y 100 mn; mientras que, las especies *Acartia danae* y *Calocalanus plumulosus* (ASS) se determinaron por fuera de las 45 mn (Figura 40); por otro lado, los biovolúmenes de zooplancton aumentaron respecto a marzo (Figura 41).

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, en abril, el stock norte-centro de la anchoveta (*Engraulis ringens*) presentó cardúmenes concentrados en la franja costera con altas densidades, principalmente dentro de las 10 mn. Así mismo se observó una profundización de los cardúmenes hasta 110 m, así como un desplazamiento en sentido sur y alta superposición entre adultos y juveniles. Por otro lado, en la región Sur se registró actividad extractiva de anchoveta por parte de la flota industrial, dentro de las 10 m, entre Ocoña e Ilo (Figura 42) y una estructura de tallas juvenil con moda en 11,0 cm de longitud total, (LT), y porcentaje de juveniles de 74,9 % en número y 64,7 % en peso (Figura 43). Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, mostraron procesos menores de maduración gonadal y desove. Por otro lado, el valor del contenido graso (CG) fue similar al mes anterior, evidenciando el gasto energético sostenido, observado desde meses anteriores (Figura 44).

En el caso de las especies transzonales, durante abril, continuó la actividad extractiva realizada por la flota de cerco artesanal y de menor escala. La disponibilidad de estos recursos se mantuvo similar al mes anterior. En el caso del jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus peruanus*) se distribuyeron desde Bahía Independencia hasta Morro Sama, dentro de las 65 mn de la costa, mientras que, el bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) presentó una mayor cobertura espacial, desde Punta Sal Hasta Morro Sama, principalmente dentro de las 55 mn de la costa. Las tres especies transzonales, presentaron una estructura de tallas de adultos (Figura 45). En cuanto al comportamiento reproductivo de estos recursos transzonales según el análisis del índice gonadosomático (IGS); la caballa presentó un valor superior a su patrón, indicando que aún mantiene procesos de maduración gonadal importantes; mientras que, los recursos jurel y bonito presentaron valores similares a su patrón, mostrando una baja actividad reproductiva en el mes de abril (Figura 46).

Respecto a los recursos demersales, durante la segunda quincena de abril la actividad de la flota industrial arrastrera de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se distribuyó desde el extremo norte del litoral peruano hasta frente a Paita. La población de merluza presentó un núcleo de concentración frente a Puerto Pizarro, donde presentó los mayores valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (Figura 47). La CPUE de la merluza en abril presentó un ligero decremento con respecto a marzo (Figura 48); cabe mencionar que la actividad pesquera fue realizada por pocas embarcaciones. Del 16 al 30 de abril del 2023, la estructura de tallas total del recurso presentó un rango entre 13 y 62 cm de LT, y moda principal en 30 cm LT (Figura 49).

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) mostraron disminución de sus desembarques, a diferencia del pulpo (*Octopus mimus*) cuyo desembarque se incrementó respecto al mes precedente. El calamar común (*Doryteuthis gahi*) no registró desembarques (Figura 50). El calamar gigante estuvo distribuido entre Punta La Negra y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte y centro (Figura 51).

Respecto a las especies registradas por el seguimiento de la pesca artesanal, durante el mes de abril no se observó desplazamiento inusual hacia el sur del “falso volador” *Prionotus stephanophrys*, sin embargo, se registró un aumento inusual de los desembarques del recurso “cachema” *Cynoscion analis* en la región Ancash (Figura 52).

En relación a observaciones de especies atípicas de la región o el lugar, durante abril 2023, se registró en la región Tumbes a la anchoveta cuyo límite norte de distribución es Piura. En la región La Libertad se observaron al *Conodon serrifer* “ofensivo” y *Lutjanus argentiventris* “pargo” cuyos límites de su distribución sur son Piura e isla Lobos de Tierra, respectivamente. En la región Lima se observó *Opisthonema* sp. “machete de hebra” que se distribuye hasta el norte de Perú. Finalmente, en la región Arequipa se registró la especie *Pontinus furcirhinus* “puñal”, cuyo límite sur de su distribución es también el norte de Perú (Figura 53 y Tabla 5).

Pronósticos oceanográficos y perspectivas biológico pesqueras

La mayoría de los modelos climáticos de El Niño Oscilación Sur (ENOS) de las agencias internacionales, inicializados en el mes de mayo, para la región El Niño 3.4, indicaron una transición hacia las condiciones cálidas del ENOS durante los meses de mayo y junio, y se esperaba que estas condiciones persistan en lo que resta del año. Por otro lado, con condiciones iniciales del 29 abril al 08 mayo 2023, el modelo CFSv2 pronosticó anomalías de TSM positivas dentro de la condición cálida fuerte del ICEN en la región Niño 1+2, para los meses de mayo a julio 2023 (Figura 54 y 55).

La onda Kelvin cálida (modo 2), generada por la reflexión de onda Rossby cálida en el Pacífico ecuatorial occidental entre enero y febrero, alcanzará las costas de Sudamérica en lo que resta de mayo. Por otro lado, entre marzo y abril, se generaron dos ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2), como resultado de la contribución conjunta de la reflexión de ondas Rossby y pulsos de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental. La intensidad de la onda Kelvin cálida (modo 1) disminuyó recientemente debido a las anomalías de vientos del este observadas recientemente en el Pacífico ecuatorial central, aun así, llegará al extremo oriental del Pacífico ecuatorial entre mayo y junio 2023. La onda Kelvin cálida (modo 2), por su parte, llegará al extremo oriental del Pacífico ecuatorial en julio 2023. Cabe señalar, que debido a las recientes anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central, se generó una onda Kelvin fría (modo 2) que alcanzaría el extremo oriental del Pacífico ecuatorial en junio 2023 (Figura 56).

Para la franja adyacente a la costa peruana, usando un modelo estadístico, se pronostica que las condiciones cálidas del ITCP (Índice Térmico Costero Peruano) persistirán entre mayo y agosto 2023; mientras que, usando un modelo dinámico acoplado océano-atmosfera de complejidad intermedia del Pacífico ecuatorial, se prevé una tendencia al incremento de los valores del ITCP dentro de las condiciones neutras desde mayo hasta agosto 2023 (Figura 57).

En cuanto a los recursos pelágicos, de acuerdo con las condiciones ambientales se prevé que continúe la disponibilidad y accesibilidad de especies oceánicas, frente al mar peruano. Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza mantenga su alta dispersión, lo que podría reflejarse en cambios de la estructura por tallas de las capturas de la flota de arrastre industrial, dependiendo de la intensidad y duración de las condiciones cálidas vigentes.

TABLAS

Tabla 1. Promedio mensual de número de remolinos promedio, número de remolinos ciclónicos y anticiclónicos, radio promedio (km) y la energía cinética promedio ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$) de los remolinos entre 3°S y 18°S y de 70°W a 84°W durante los últimos 12 meses. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

AÑO	MES	NÚMERO REMOLINOS promedio durante cada día dentro del mes	NÚMERO REMOLINOS CICLÓNICOS promedio durante cada día dentro del mes	NÚMERO REMOLINOS ANTICICLÓNICOS promedio durante cada día dentro del mes	RADIO (km)	ENERGIA CINÉTICA ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$)
2022	ABR	7	3	4	61.1	184.8
2022	MAY	7	3	4	65.8	202.5
2022	JUN	7	3	4	59.9	111.3
2022	JUL	9	4	5	62.2	142.9
2022	AGO	7	4	3	61.4	142.9
2022	SET	8	5	3	62.8	144.2
2022	OCT	6	3	3	63.5	155.1
2022	NOV	8	4	4	63.4	122.3
2022	DIC	6	3	3	60.5	82.5
2023	ENE	6	2	4	59.0	93.1
2023	FEB	7	4	3	63.9	153.9
2023	MAR	10	4	6	61.4	160.0
2023	ABR	5	3	2	57.8	145.5

Tabla 2. Valores promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y las anomalías térmicas (°C) en los muelles costeros del Imarpe de marzo 2022 al 07 de mayo de 2023.

a) Temperatura superficial del mar

AÑO	MES	TUMBES	PAITA	SAN JOSÉ	CHICAMA	CHIMBOTE	HUACHO	CALLAO	PISCO	MATARANI	ILO	
2022	03	28.68	25.08	21.33	18.45	21.28	15.88	15.05	22.04	15.98	15.62	
	04	27.91	20.99	19.67	17.42	20.21	15.47	15.41	18.54	16.07	15.64	
	05	27.03	18.66	18.14	16.06	18.04	15.03	15.00	19.91	16.07	15.66	
	06	25.49	18.45	17.77	16.22	16.92	14.53	14.81	18.70	15.36	14.83	
	07	24.80	18.36	18.02	16.24	17.08	14.52	14.72	18.05	14.94	14.85	
	08	25.32	18.50	17.85	15.93	17.10	14.48	14.39	18.15	14.89	14.26	
	09	24.78	17.63	18.03	15.82	17.00	14.35	14.29	18.10	15.42	13.79	
	10	24.60	17.25	18.00	15.49	17.31	14.07	13.83	18.59	14.81	13.92	
	11	24.86	18.47	18.51	15.85	18.17	14.81	14.34	20.65	15.29	15.48	
	12	26.45	21.29	19.77	17.04	19.52	16.05	15.10	21.93	16.40	16.38	
	2023	01	27.87	21.84	19.06	16.43	19.32	15.96	15.41	23.61	16.26	16.61
		02	29.37	24.50	23.71	20.41	22.59	17.40	16.88	22.44	17.12	17.70
03		29.24	26.86	25.38	23.35	25.06	19.83	19.56	23.35	17.48	17.57	
04		29.32	26.96	25.78	23.44	25.48	21.10	20.74	22.52	17.61	18.23	
01-07/05		29.62	24.28	23.96	22.02	22.85	19.78	19.30	21.11	17.24	18.25	

b) Anomalías de la temperatura superficial del mar

AÑO	MES	TUMBES	PAITA	SAN JOSÉ	CHICAMA	CHIMBOTE	HUACHO	CALLAO	PISCO	MATARANI	ILO	
2022	03	+0.78	+2.28	-1.07	-0.65	-1.02	-2.22	-2.55	-1.06	-0.97	-1.38	
	04	+0.41	+0.69	-0.93	-0.58	-0.89	-1.83	-1.79	-3.76	-0.74	-1.06	
	05	+0.03	-0.44	-1.66	-1.44	-1.86	-1.67	-1.60	-1.19	-0.34	-0.64	
	06	-0.41	+0.25	-1.43	-0.98	-2.28	-2.17	-1.59	-0.70	-0.48	-1.07	
	07	-0.30	+0.86	-0.88	-0.56	-1.62	-2.18	-1.38	-0.25	-0.31	-0.45	
	08	+0.52	+1.50	-0.95	-0.37	-1.40	-1.52	-1.31	+0.05	+0.10	-0.74	
	09	-0.32	+1.03	-0.87	-0.08	-1.40	-1.05	-0.81	-0.70	+0.47	-1.11	
	10	-1.20	-0.15	-1.00	-0.31	-1.49	-1.13	-1.07	-1.21	-0.68	-1.18	
	11	-1.24	+0.47	-0.99	-0.35	-1.33	-0.99	-0.76	+0.55	-0.62	-0.42	
	12	-0.35	+2.49	-0.43	+0.24	-0.98	-0.45	-0.70	+0.33	+0.26	-0.32	
	2023	01	+0.47	+1.24	-1.74	-0.97	-1.98	-1.34	-0.89	+0.91	-0.59	-0.59
		02	+1.37	+1.50	+1.11	+1.61	+0.39	-0.40	-0.12	-0.66	+0.18	+0.50
03		+1.34	+4.06	+2.98	+4.25	+2.76	+1.73	+1.96	+0.25	+0.53	+0.57	
04		+1.82	+6.66	+5.18	+5.44	+4.38	+3.80	+3.54	+0.22	+0.79	+1.53	
01-07/05		+2.35	+4.65	+3.82	+4.41	+2.52	+2.81	+2.49	-0.51	+0.67	+1.78	

Tabla 3. Valores promedio mensuales de los índices LABCOS, Índice Térmico Costero Peruano (ITCP), Índice Costero El Niño (ICEN), Índice Niño Oceánico (ONI) y Índice Multivariado ENOS (ENOSv2). Las estimaciones se obtuvieron de Quispe y Vásquez (2015), Quispe et al (2016), Takahashi, et al. (2014), Huang et al, 2017 (J. Climate). El Índice Multivariado ENOS se obtuvo de Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015).

ÍNDICE REGIÓN	LABCOS Litoral Peruano	ITCP Banda de Afloramiento, Perú	ICEN Región Niño 1+2	ONI Región Niño 3.4	MEIv2 30°S-30°N, 100°E-70°W
2022 04	-1,11	-1,6	-1,10	-1,1	-1,76
2022 05	-1,12	-1,7	-1,36	-1,0	-1,88
2022 06	-0,88	-1,5	-1,36	-0,9	-2,07
2022 07	-0,58	-1,4	-1,03	-0,8	-2,10
2022 08	-0,40	-1,1	-0,93	-0,9	-1,79
2022 09	-0,51	-1,2	-1,12	-1,0	-1,76
2022 10	-0,50	-1,2	-1,39	-1,0	-1,71
2022 11	-0,27	-1,0	-1,24	-0,9	-1,48
2022 12	-0,13	-1,2	-0,81	-0,8	-1,25
2023 01	+0,12	-0,9	-0,27	-0,7	-1,11
2023 02	+0,78	-0,2	+0,42	-0,4	-0,81
2023 03	+2,11	+1,4	+1,51	-0,1	-0,67
2023 04	+2,90 ¹	+2,9 ²	+2,21 ¹	+0,09 ¹	-0,41

¹ Valor preliminar (ENFEN, 2023).

² Valor preliminar de la primera componente.

Tabla 4. Composición del fitoplancton más representativo durante abril en los muestreos realizados por IMARPE frente a Paita y a Chicama.

Ubicación	Fecha	Especies	Abundancia relativa	Distancia a la costa (m)	T (°C) asociada	Observación
Sección Paita	28 y 29 de abril	<i>Diplopetopsis bomba</i>	Muy Abundante	80	26.3	
		<i>Coscinodiscus perforatus</i>	Muy Abundante	100	26.8	
		<i>C. walesii</i> , <i>C. concinnus</i>	Abundante	100	26.8	
		<i>Protoperidinium steinii</i> , <i>P. grande</i> , <i>Tripos seta</i> , <i>Oxytoxum reticulatum</i> , <i>Triadinium polyedricum</i> , <i>Dinophysis cuneus</i> , <i>D. tripos</i> , <i>Pyrophacus steinii</i> y <i>Ceratocorys horrida</i>	Presente	-	-	Dinoflagelados termófilos
Estación fija Paita		<i>Dinophysis caudata</i> , <i>T. muelleri</i> , <i>T. furca</i> , <i>T. dens</i> y <i>P. depressum</i>	Presente	8	-	Dinoflagelados de distribución cosmopolita
		<i>P. grande</i> , <i>Pyrocystis fusiformis</i> , <i>T. macroceros</i> y <i>T. trichoceros</i>	Presente	8	-	Dinoflagelados termófilos
Sección Chicama	25 y 26 de abril	<i>Coscinodiscus perforatus</i> , <i>C. centralis</i> , <i>Thalassionema nitzchioides</i>	Abundante	5 a 15	-	Diatomeas neríticas
		<i>Tripos fusus</i>	Abundante	5 a 15	-	Dinoflagelado
		<i>Podolampas palmipes</i> , <i>Tripos kofoidii</i> , <i>T. azoricus</i> , <i>T. karsteni</i> , <i>T. falcatiforme</i> , <i>Protoperidinium triestinum</i> y <i>Triadinium polyedricum</i>	Presente	30 a 100	-	Dinoflagelados termófilos
		<i>Protoperidinium conicum</i> , <i>T. dens</i> , <i>T. furca</i> y <i>P. depressum</i>	Presente	5 a 100	-	Dinoflagelados de distribución cosmopolita

Tabla 5. Especies cuyo límite sur o norte de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de abril 2023.

Especie	Área registrada	Prof. (m)	Captura (kg; N)	Distribución típica
ANCHOVETA <i>Engraulis ringens</i>	Tumbes	S/R	>15 kg	Por el norte hasta Piura
OFENSIVO <i>Conodon serrifer</i>	La Libertad	15	1 ejemplar	Hasta Paita, Piura
PARGO <i>Lutjanus argentiventris</i>	La Libertad	11	1 ejemplar	Hasta isla Lobos de Tierra
MACHETE DE HEBRA <i>Opisthonema</i> sp.	Lima	S/R	20 kg	Hasta el norte de Perú
PUÑAL <i>Pontinus furcirhinus</i>	Arequipa	20	1 ejemplar	Hasta el norte de Perú

S/R: sin registro
m: metros

FIGURAS

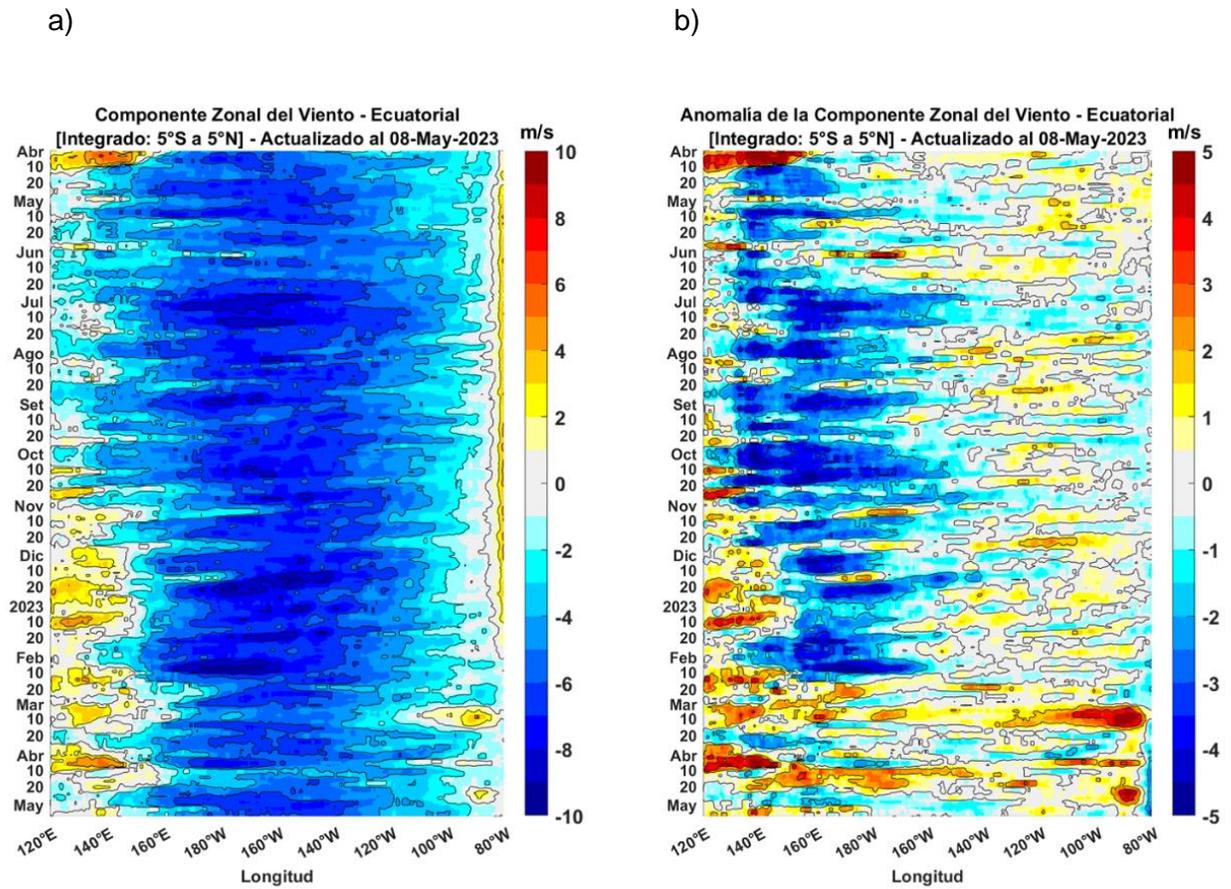


Figura 1. Viento satelital (integrado en los 5°S a 5°N en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la componente zonal del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizado al 08 de mayo.

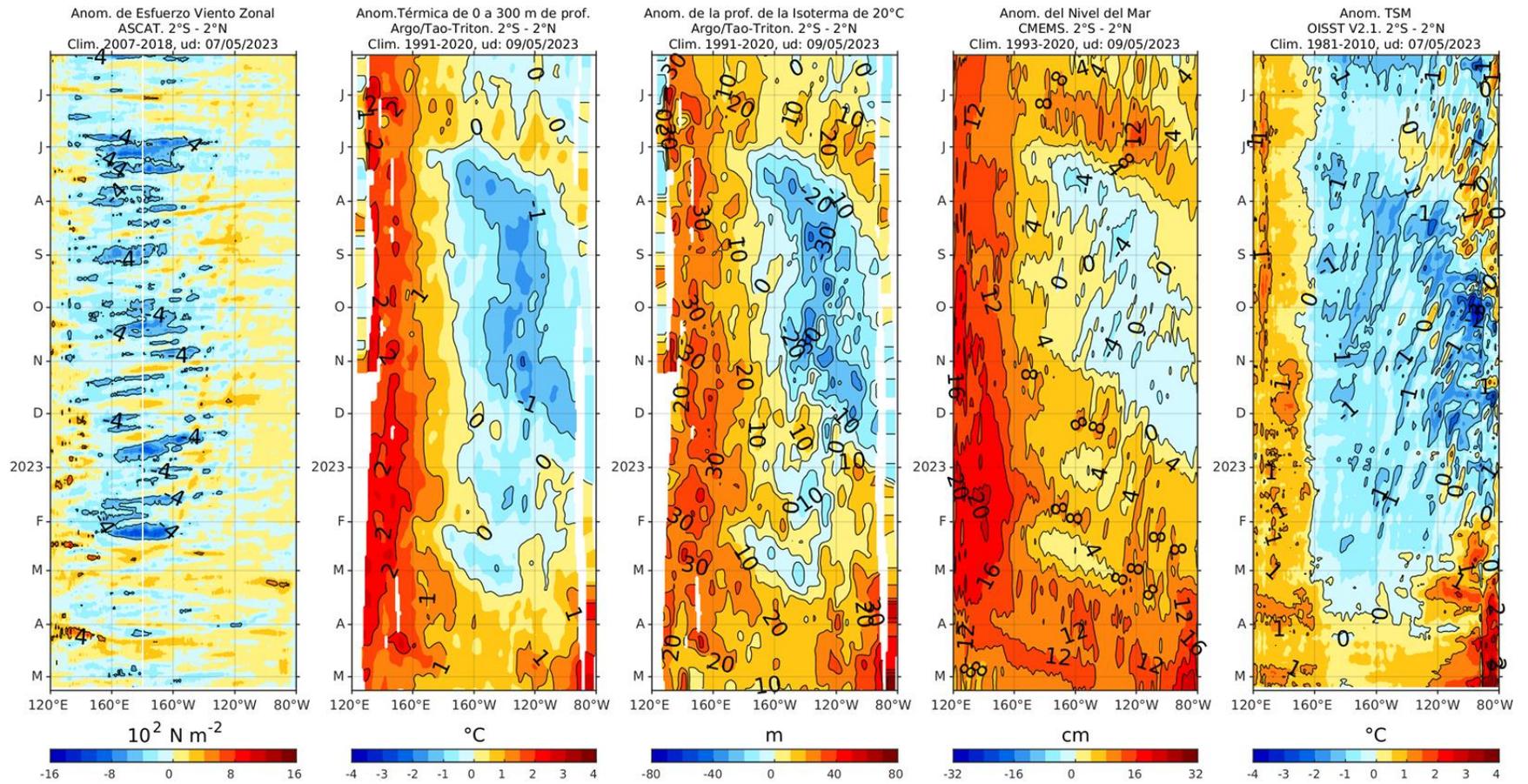


Figura 2. Anomalía de esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), Anomalía térmica sobre los 300 m de profundidad ($^{\circ}\text{C}$), Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 $^{\circ}\text{C}$ (m), Anomalía de nivel del mar (cm), Anomalía de temperatura de superficie del mar ($^{\circ}\text{C}$) de izquierda a derecha. IMARPE.

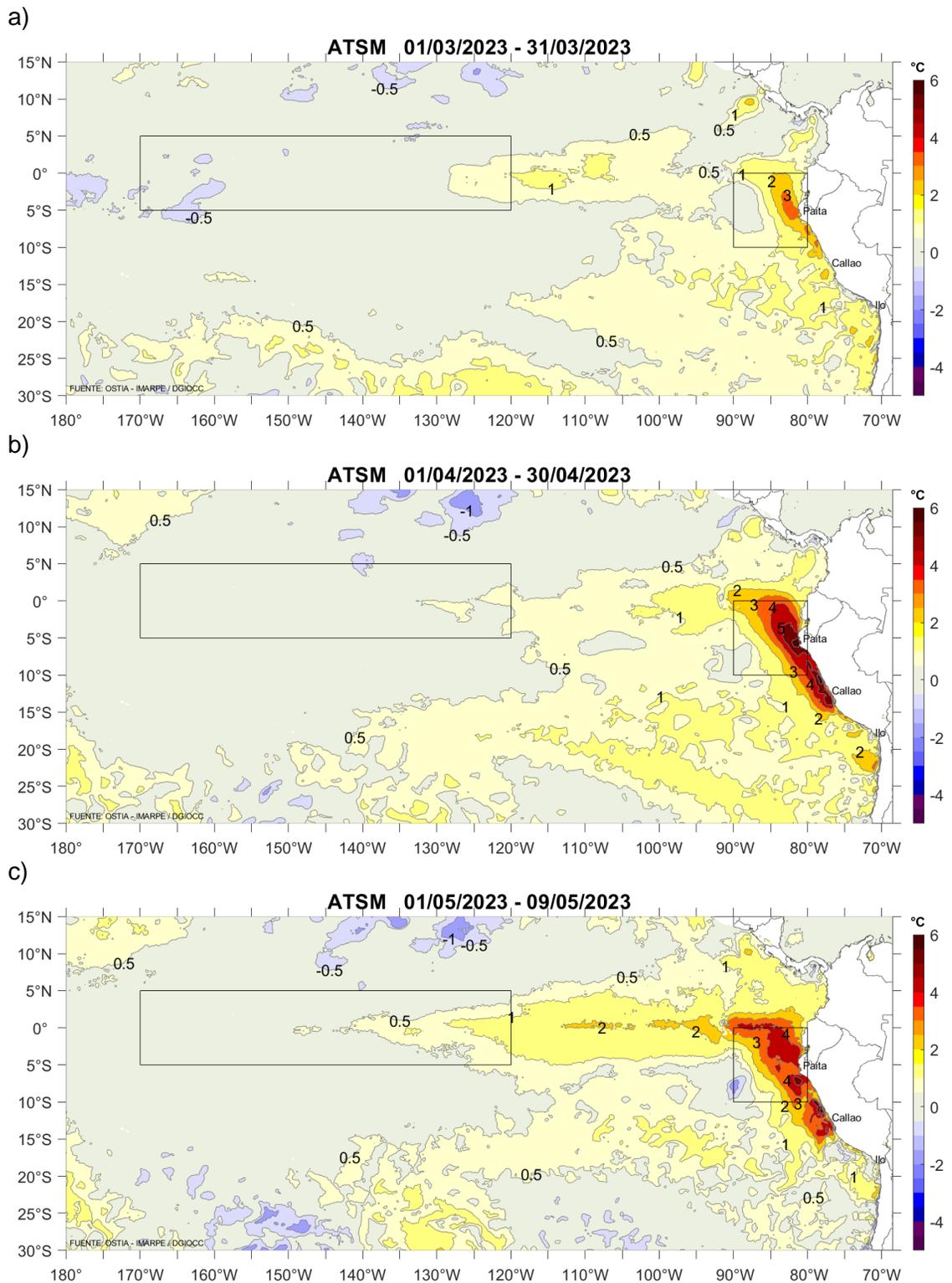


Figura 3. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para los meses de a) marzo, b) abril y c) primeros días de mayo (01-09) del 2023. Periodo base de 1991-2020. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

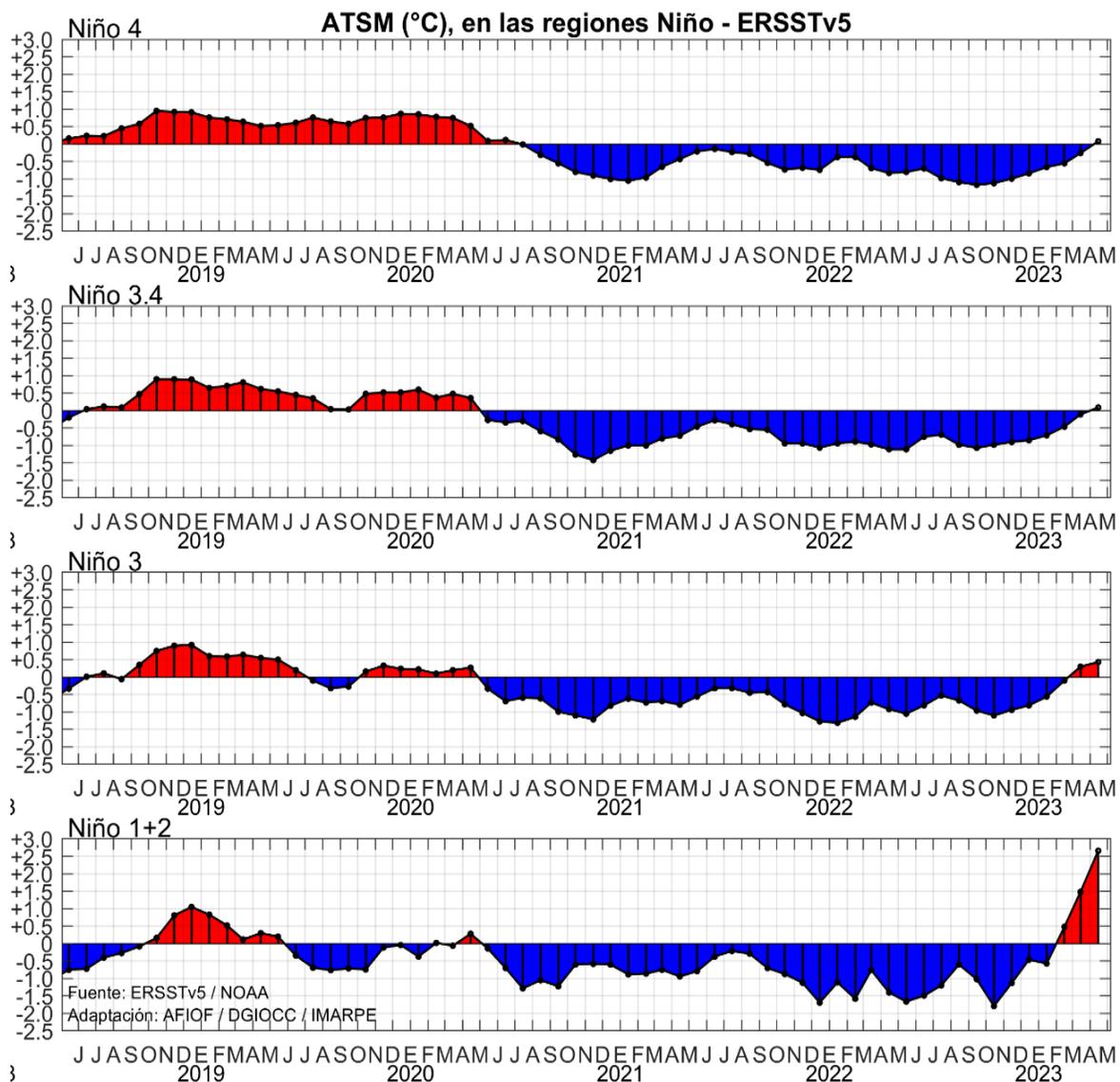


Figura 4. Variación mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), en las regiones Niño del Pacífico ecuatorial, durante cinco años, hasta fines de abril del 2023. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

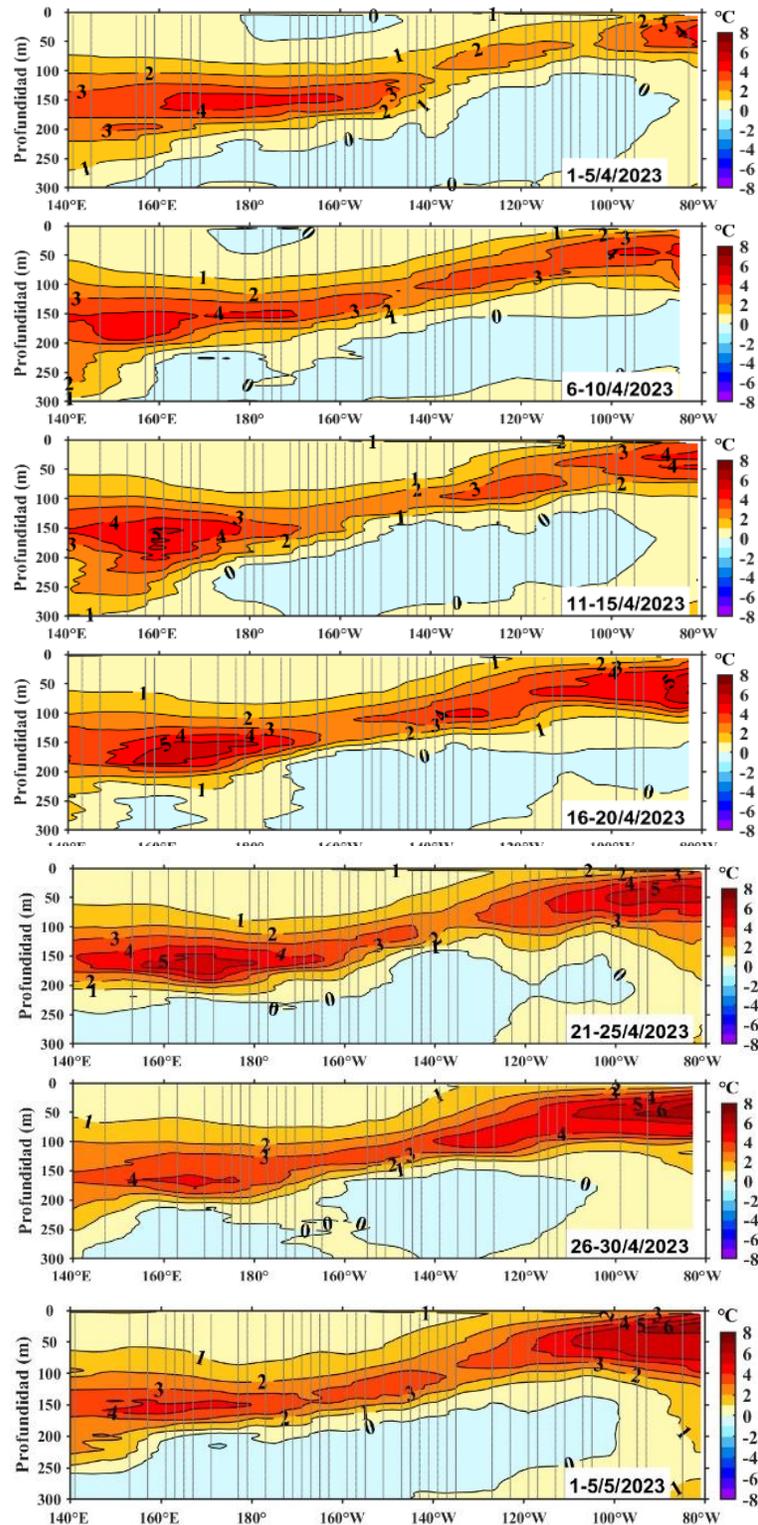


Figura 5. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico ecuatorial (140°E – 80°W y 2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante abril y primeros días de mayo 2023. Periodo base 1993-2010. Fuente: ARGO - TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

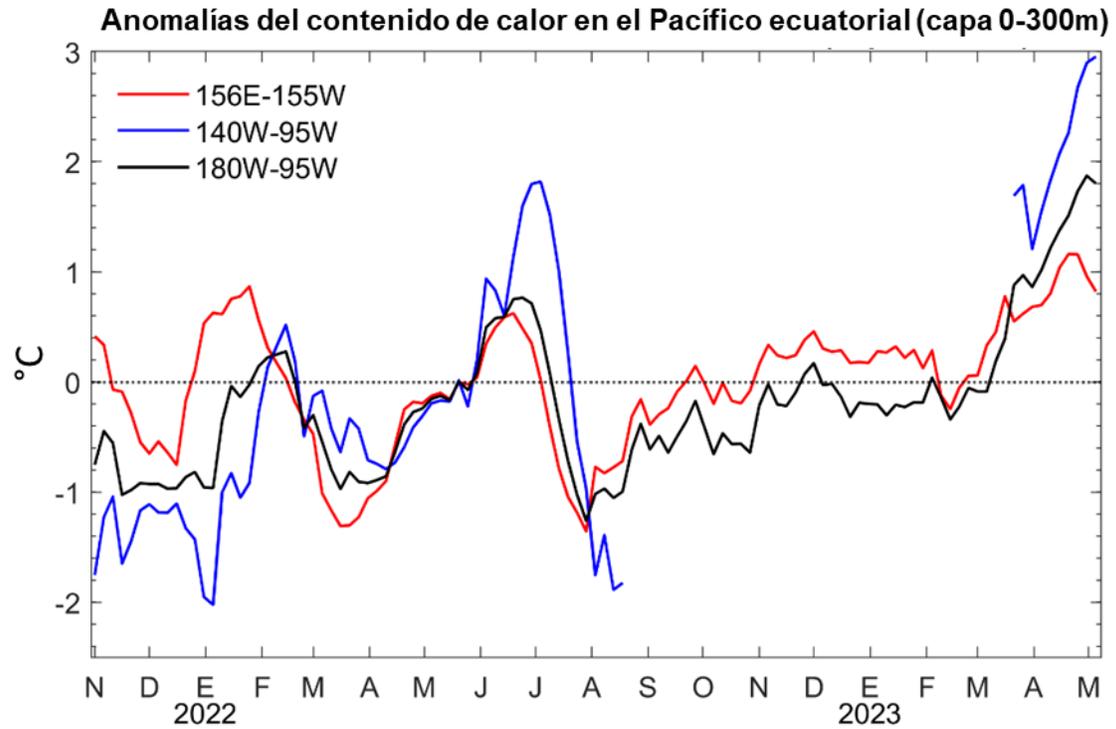
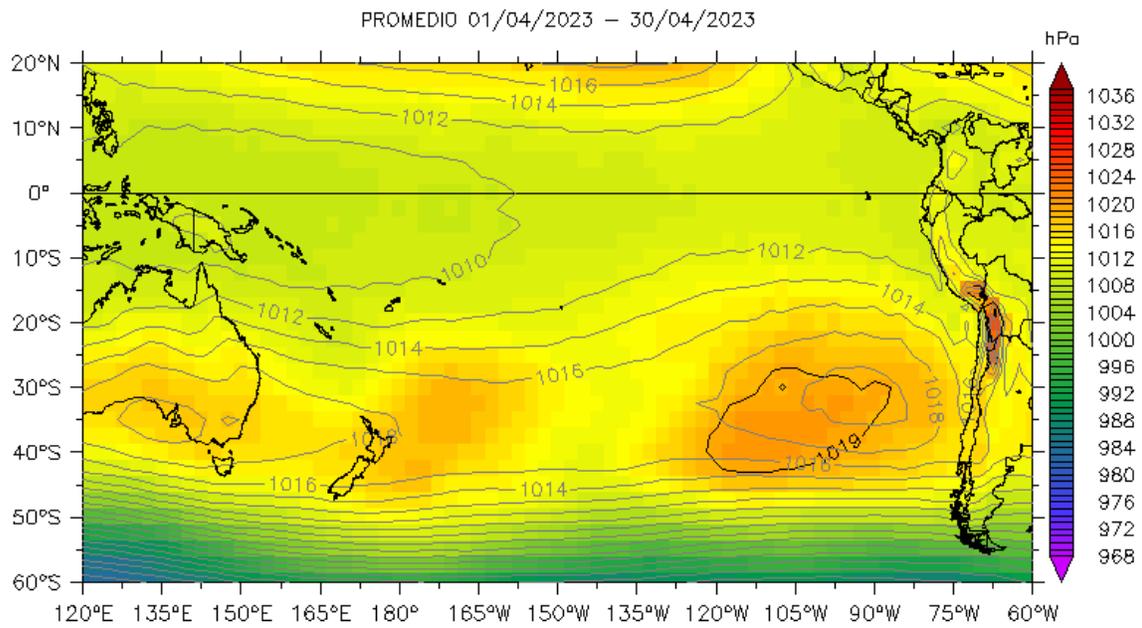


Figura 6. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (2°S – 2°N y 156°E - 95°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

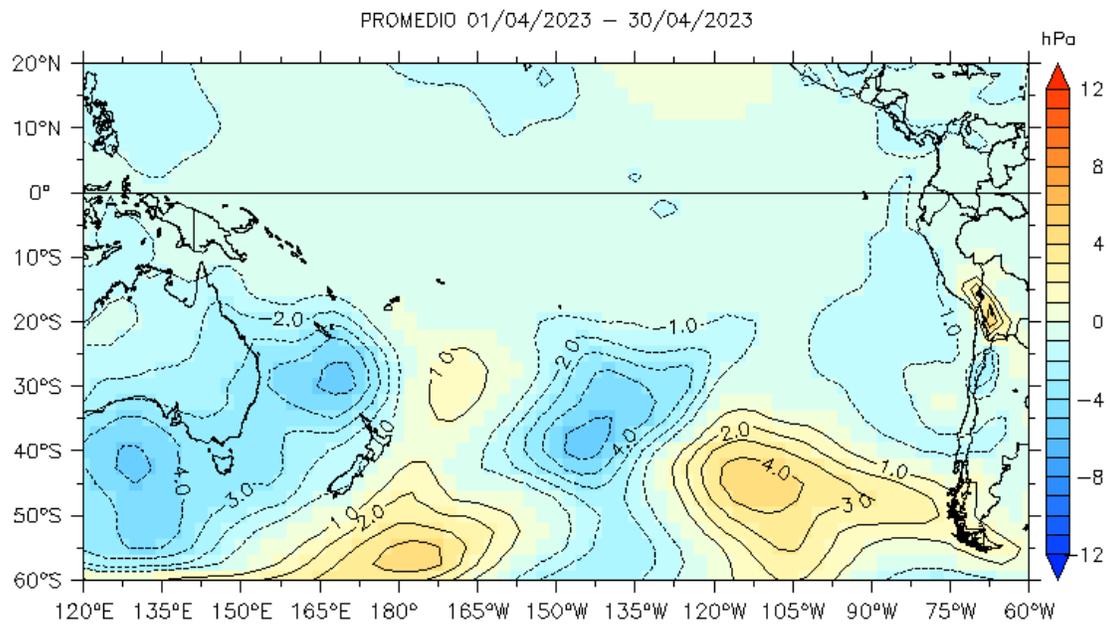
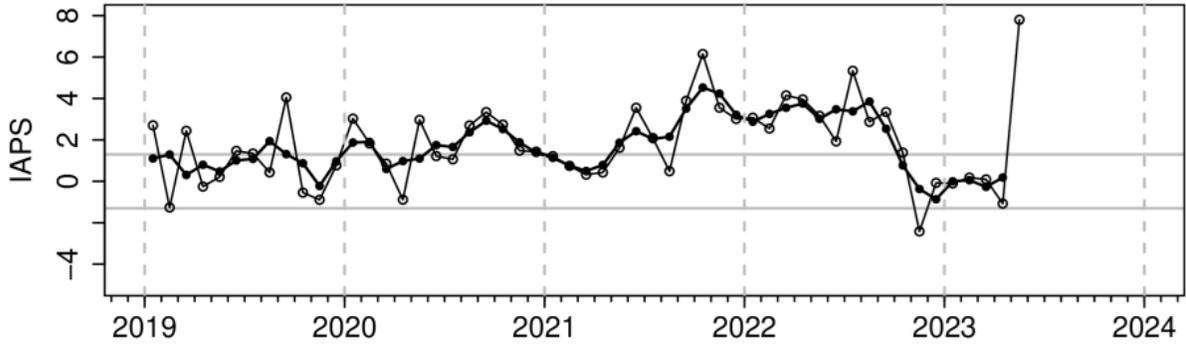
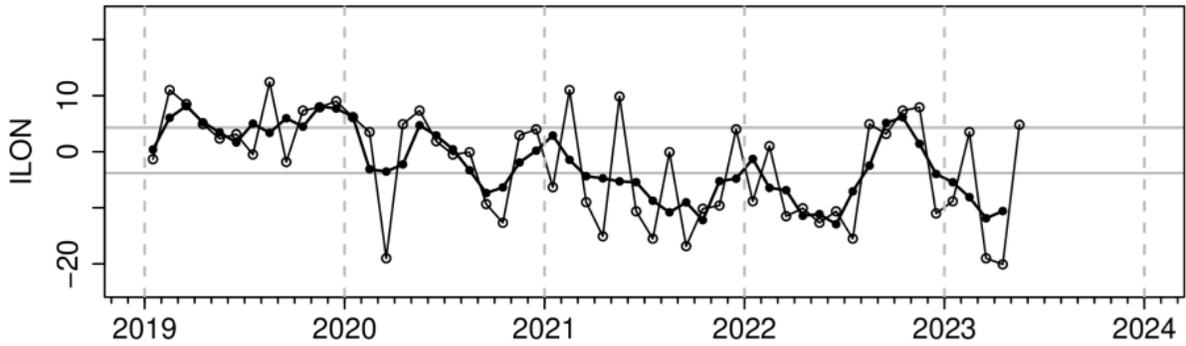


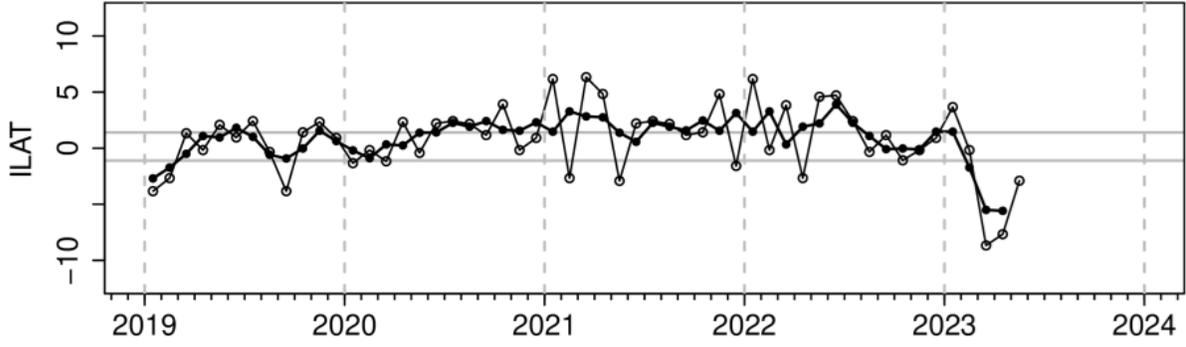
Figura 7. Presión atmosférica a nivel del mar, (a) promedio 1-30 de abril 2023 (colores y contorno negro para la isóbara de 1019 hPa) y climatología marzo (contornos grises), y (b) anomalías promedio 1-30 de abril 2023. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.



(a)



(b)



(c)

Figura 8. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre EFM 2022-2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 hasta mayo 2023 (días 1 – 8).

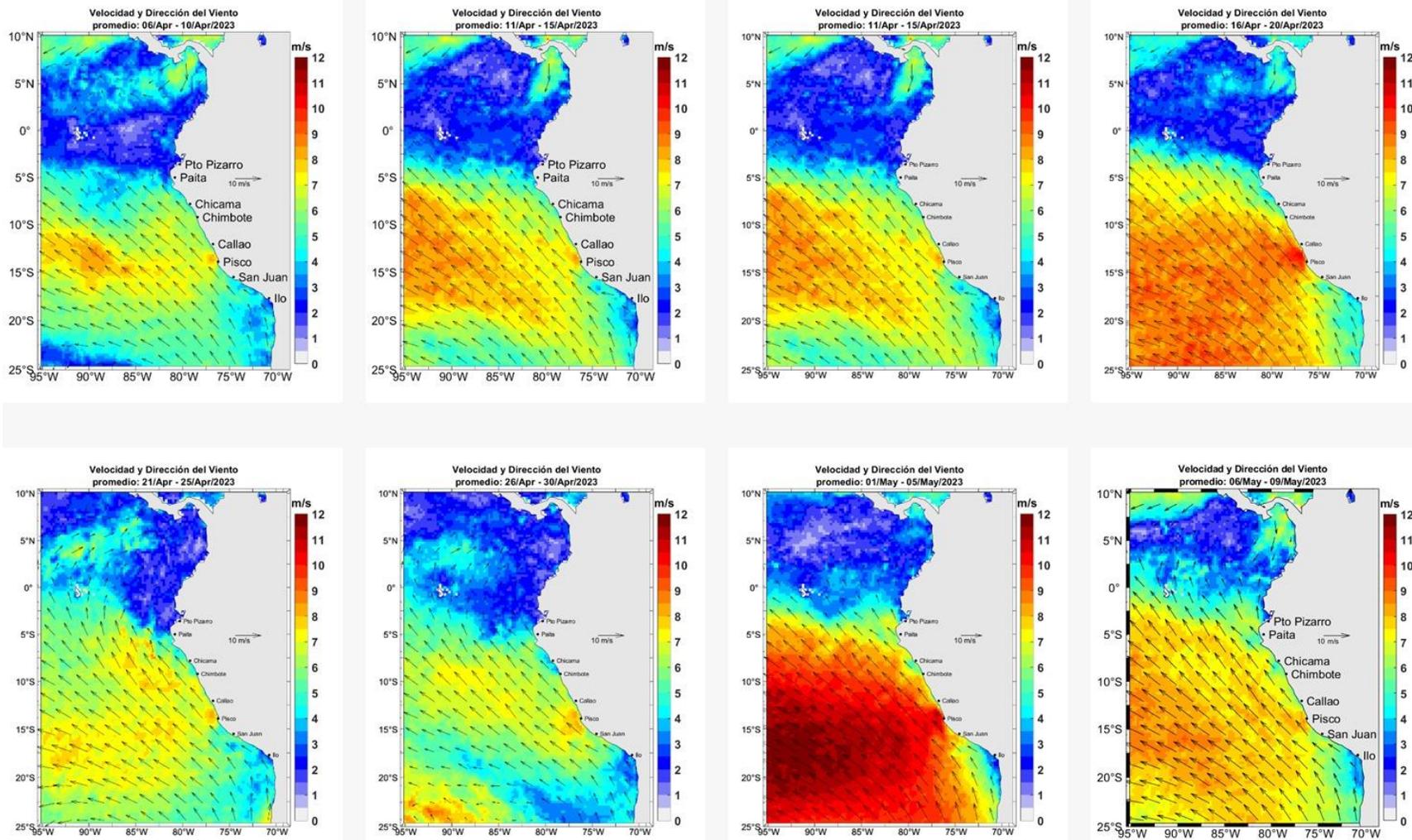


Figura 9. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

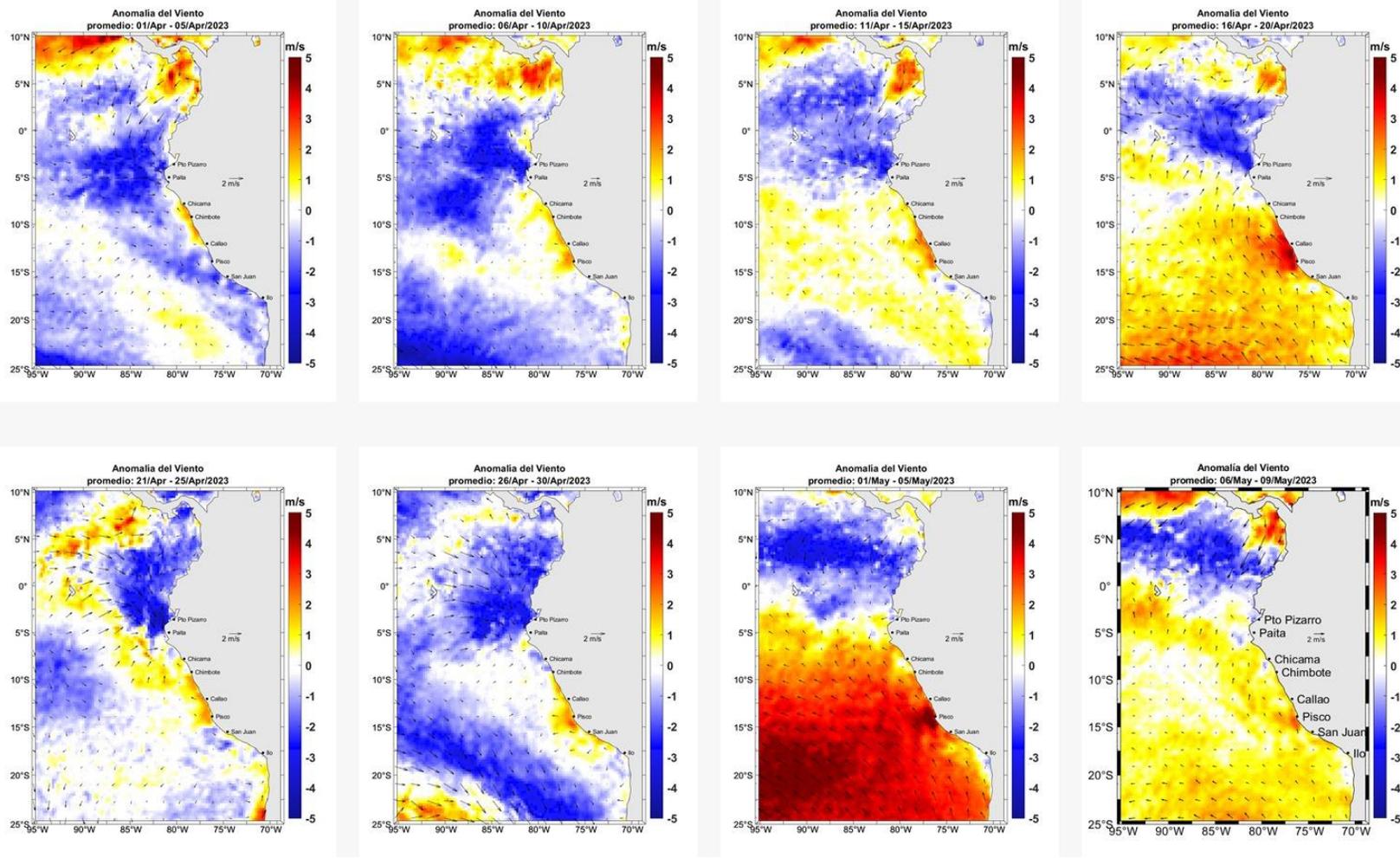


Figura 10. Mapas promedio 5 días de la anomalía de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

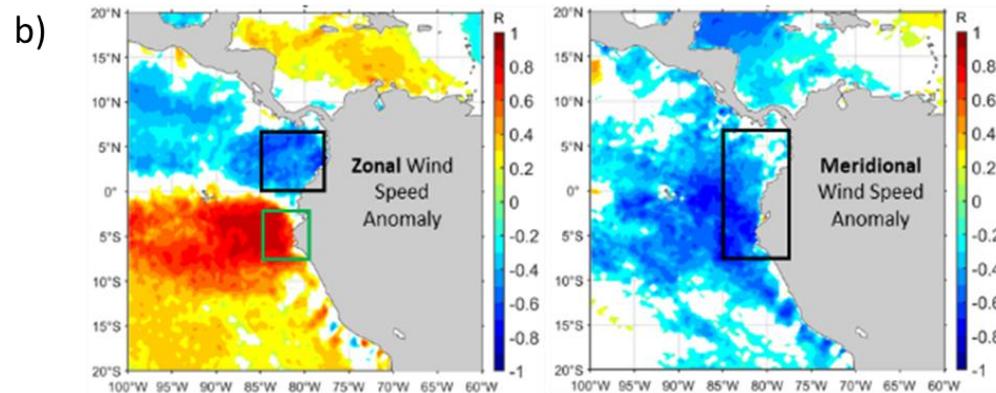
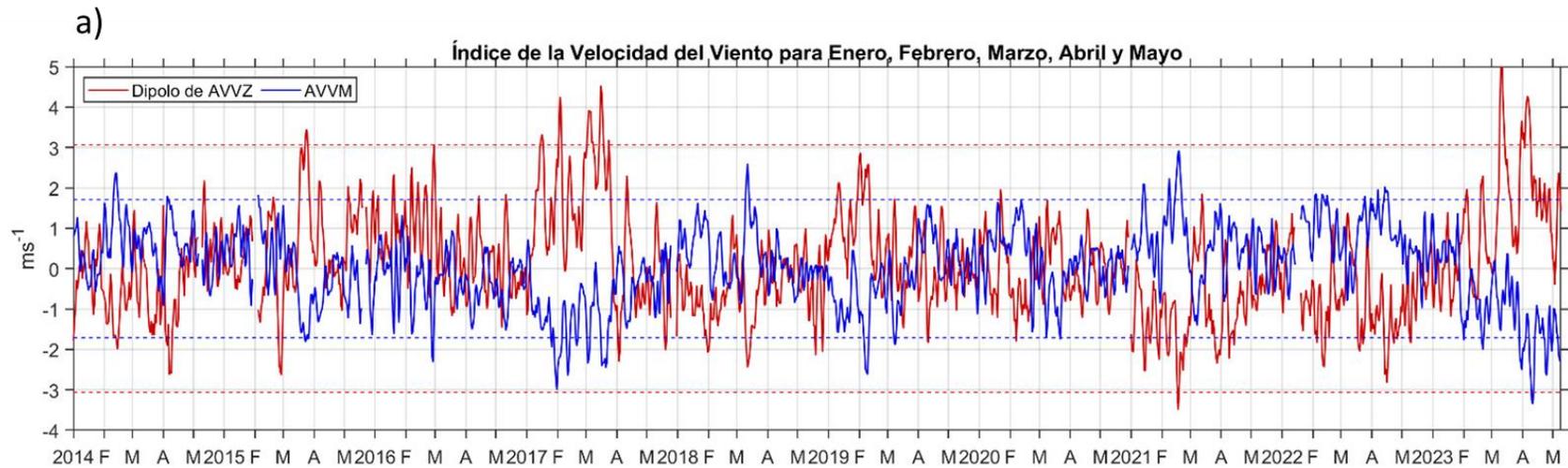


Figura 11. a) Series de tiempo (01 enero – 08 de mayo 2023) de la anomalía del viento meridional frente a la costa norte y del dipolo de la anomalía de viento zonal frente a Colombia y frente al sur de Ecuador - norte de Perú; b) ubicación de las áreas para el cálculo de los índices del viento zonal (izquierda) y meridional (derecha) (Anculle et al., 2021).

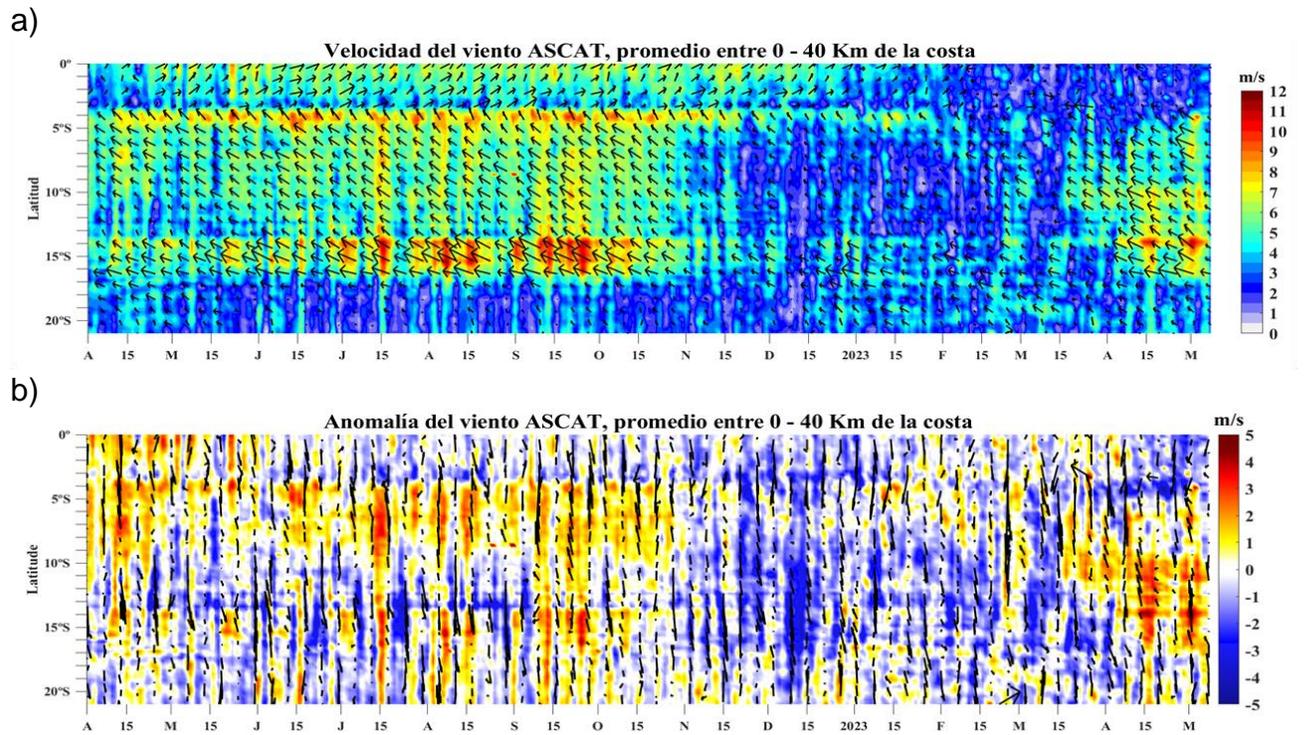


Figura 12. Viento satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}) Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Actualizado al 09 de mayo.

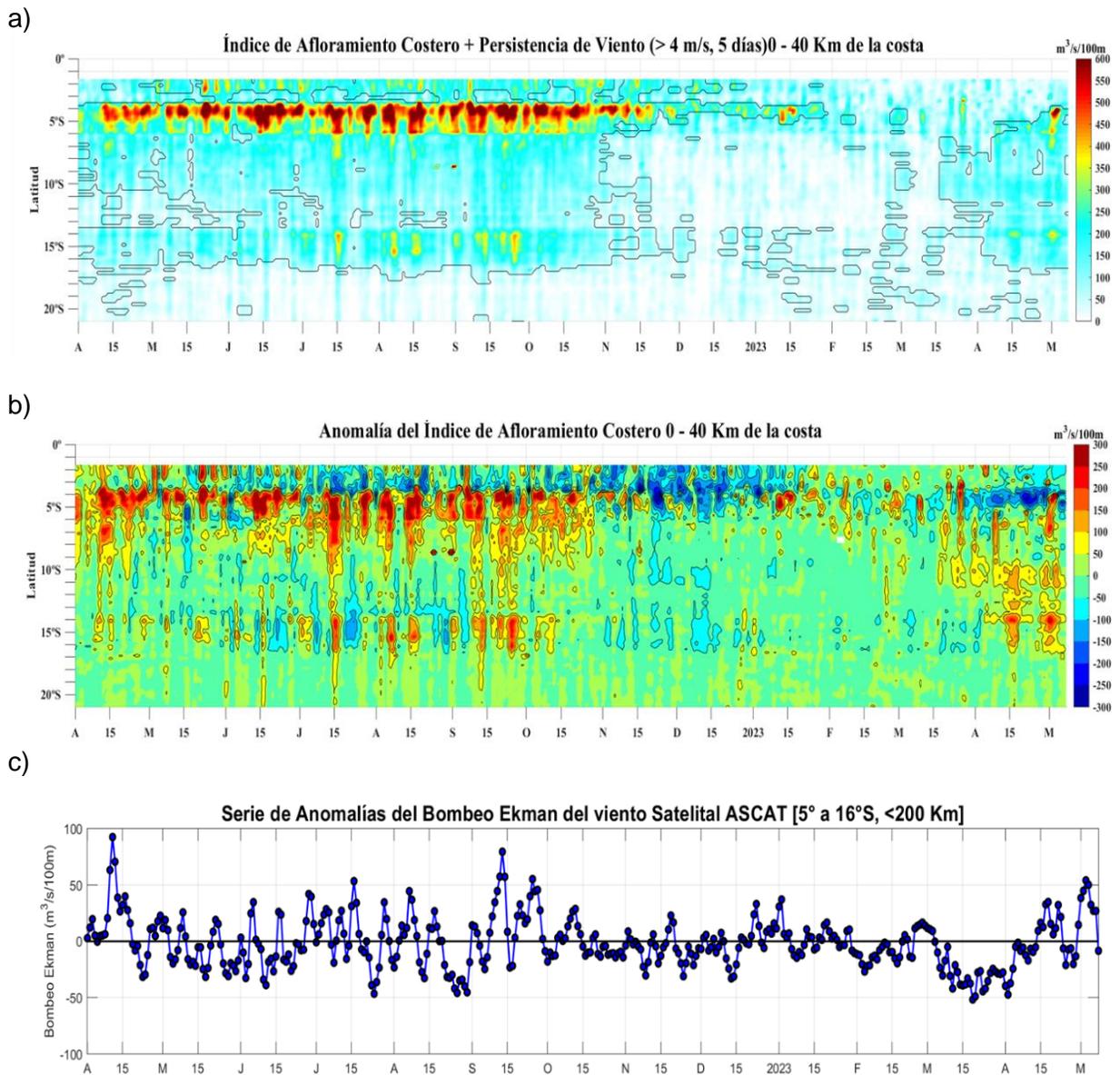
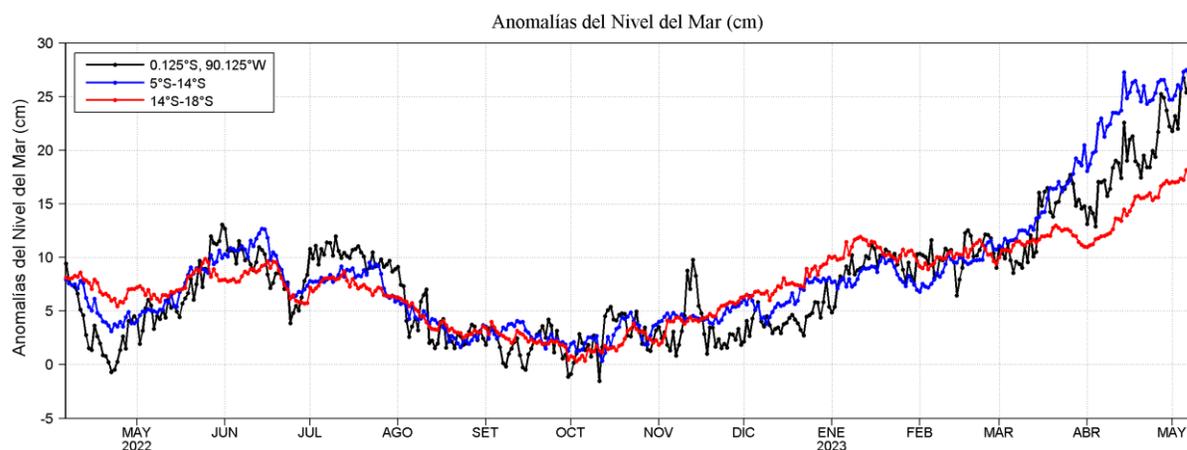


Figura 13. Índice de afloramiento costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de afloramiento costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalía del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman costero dentro 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Actualizado al 09 de mayo.

a)



b)

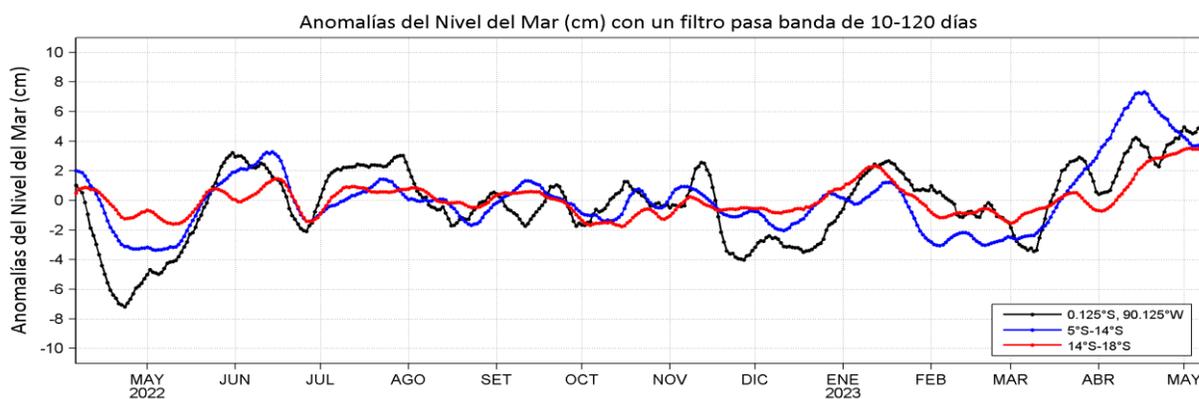
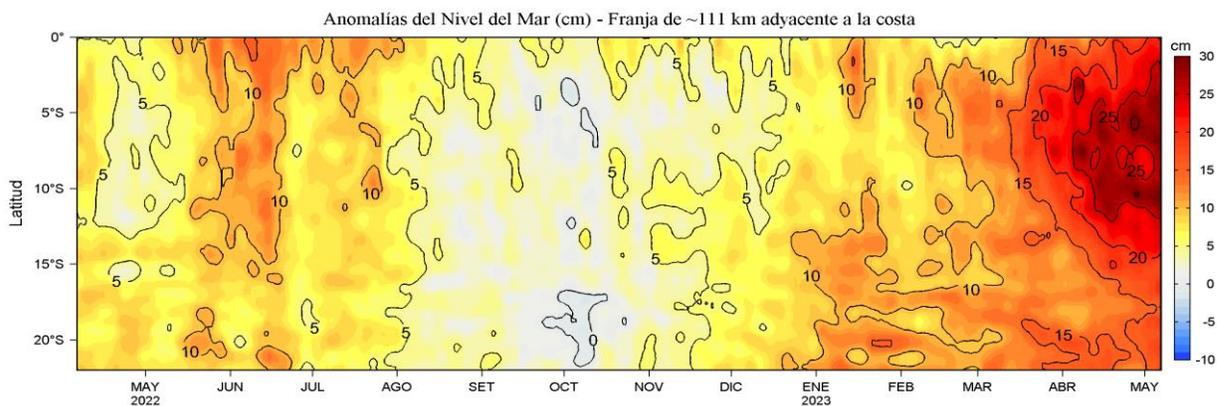


Figura 14. Variación temporal de las a) Anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses al 07 de mayo 2023: i) Área de 75 km centrada en 0,125°S y 90,125°W, ii) Área promedio de 60 mn (~111 km) entre 5°S-14°S y iii) Área promedio de 60 mn (~111 km) entre 14°S-18°S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 (a) y 1993-2010 (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

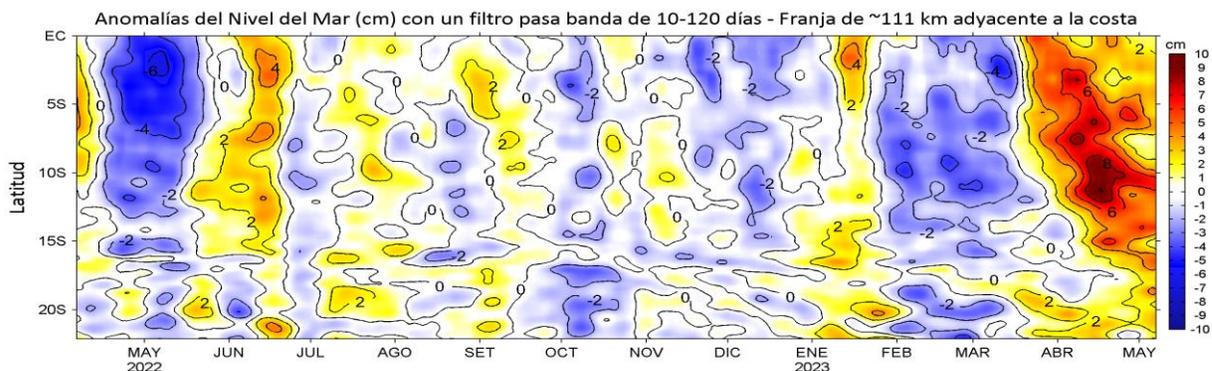


Figura 15. Evolución diaria de las anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 07 de mayo 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

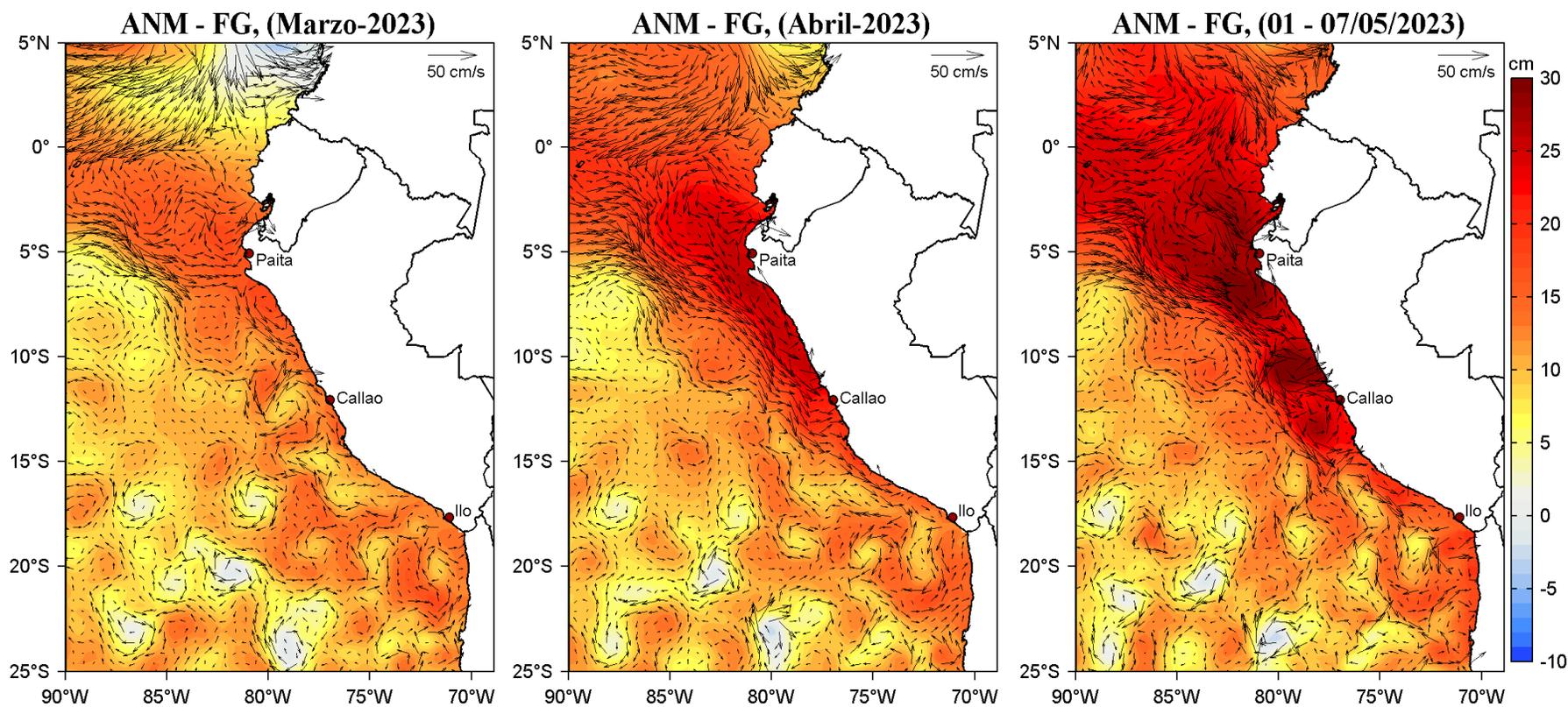


Figura 16. Distribución mensual de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste durante el mes de marzo, abril y lo que va de mayo (01-07) de 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

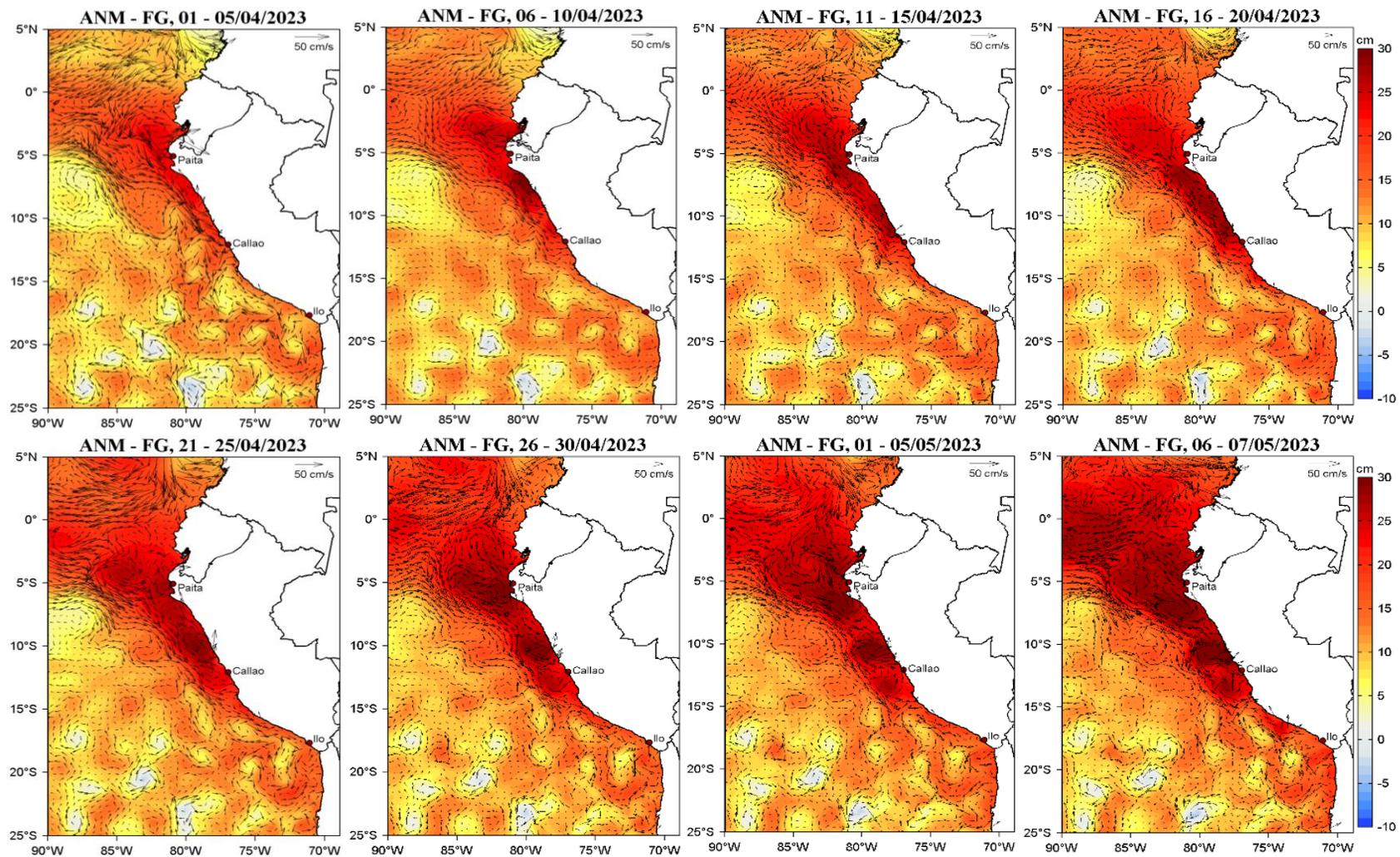


Figura 17. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste durante el mes de marzo hasta el 07 de mayo 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

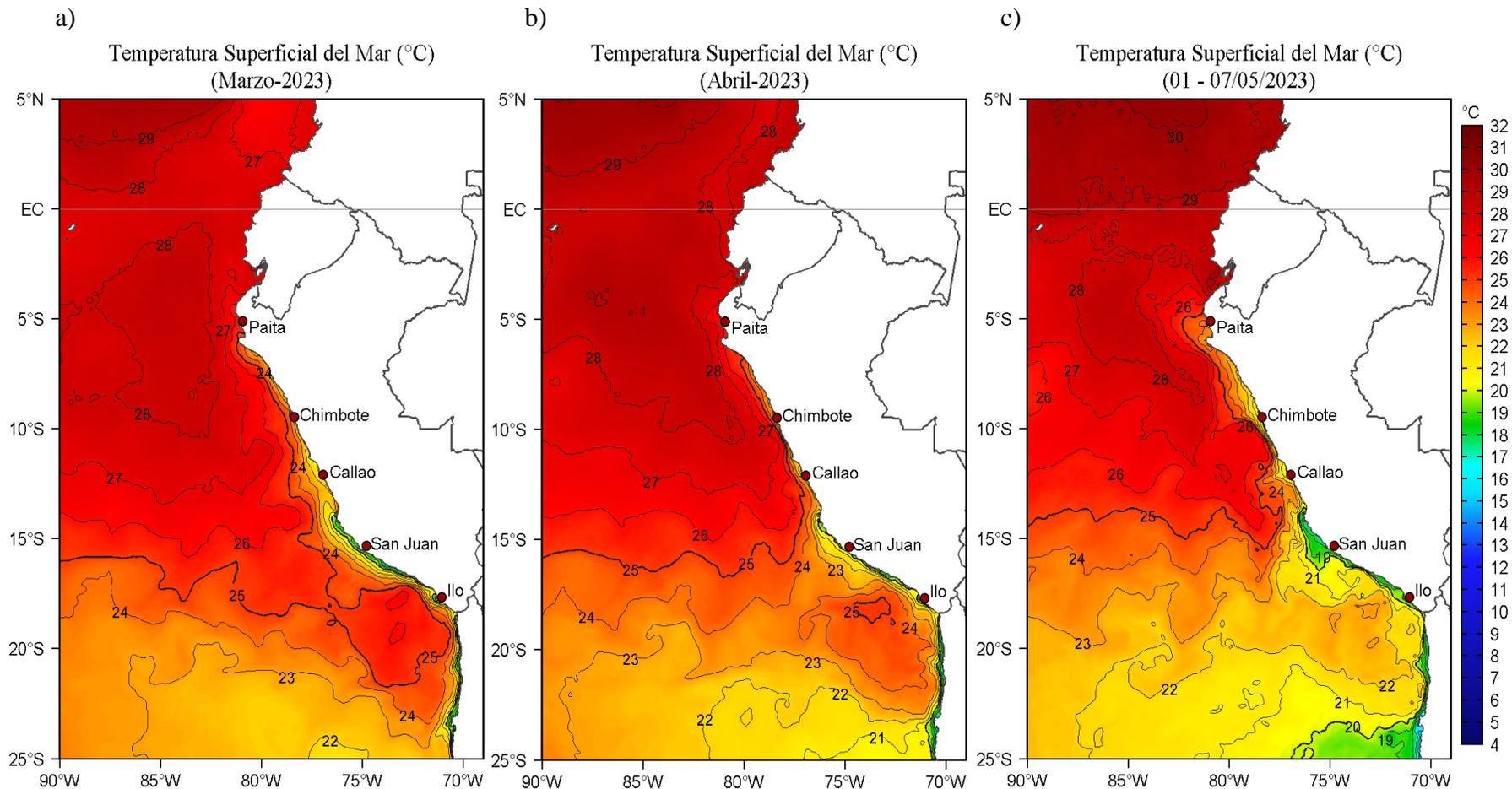


Figura 18. Distribución espacial promedio de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para los meses de marzo (a); abril (b) y del 01-07 de mayo 2023 (c). Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFm/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

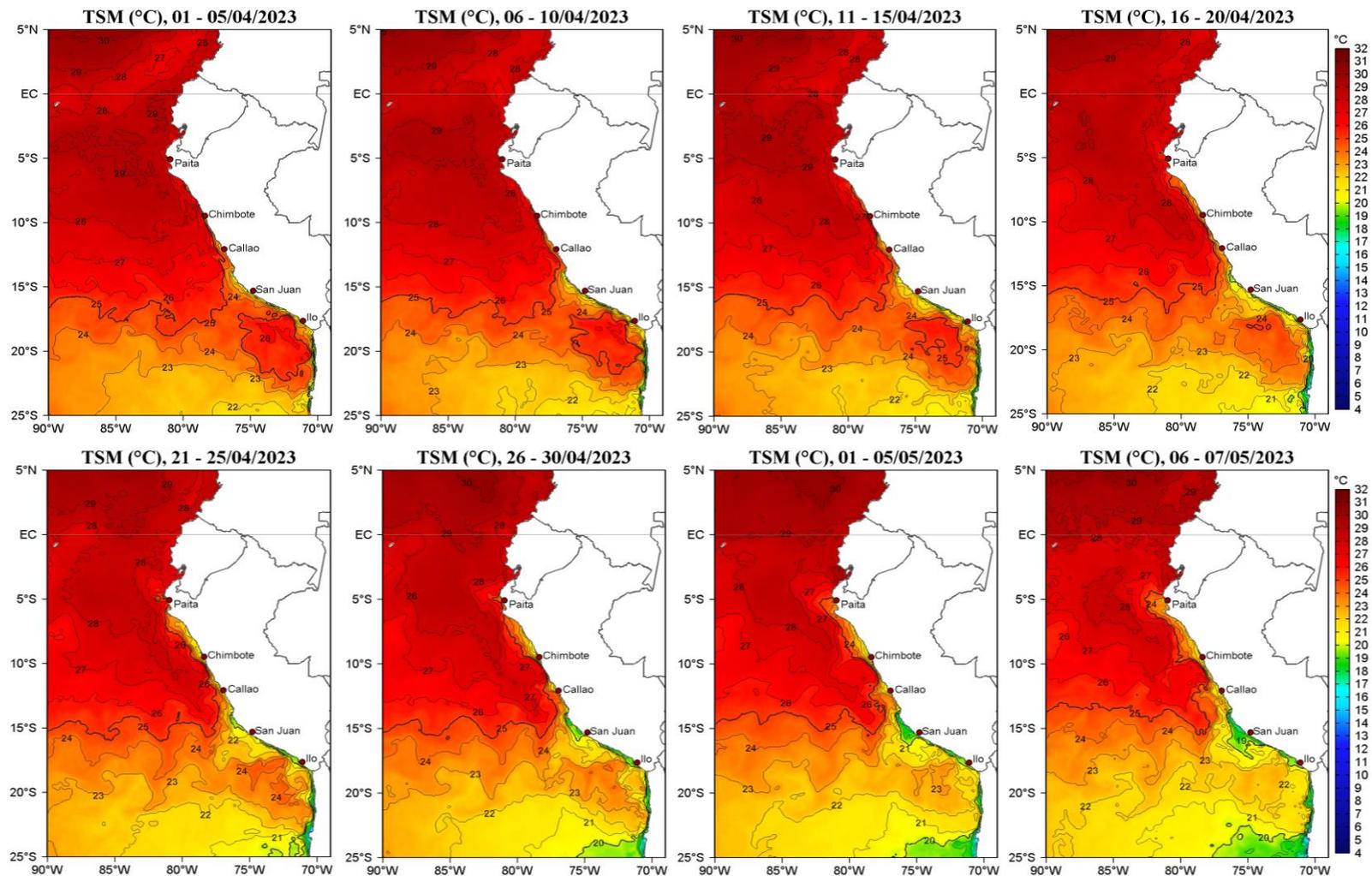


Figura 19. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para los meses de abril al 07 de mayo de 2023 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta a la derecha.

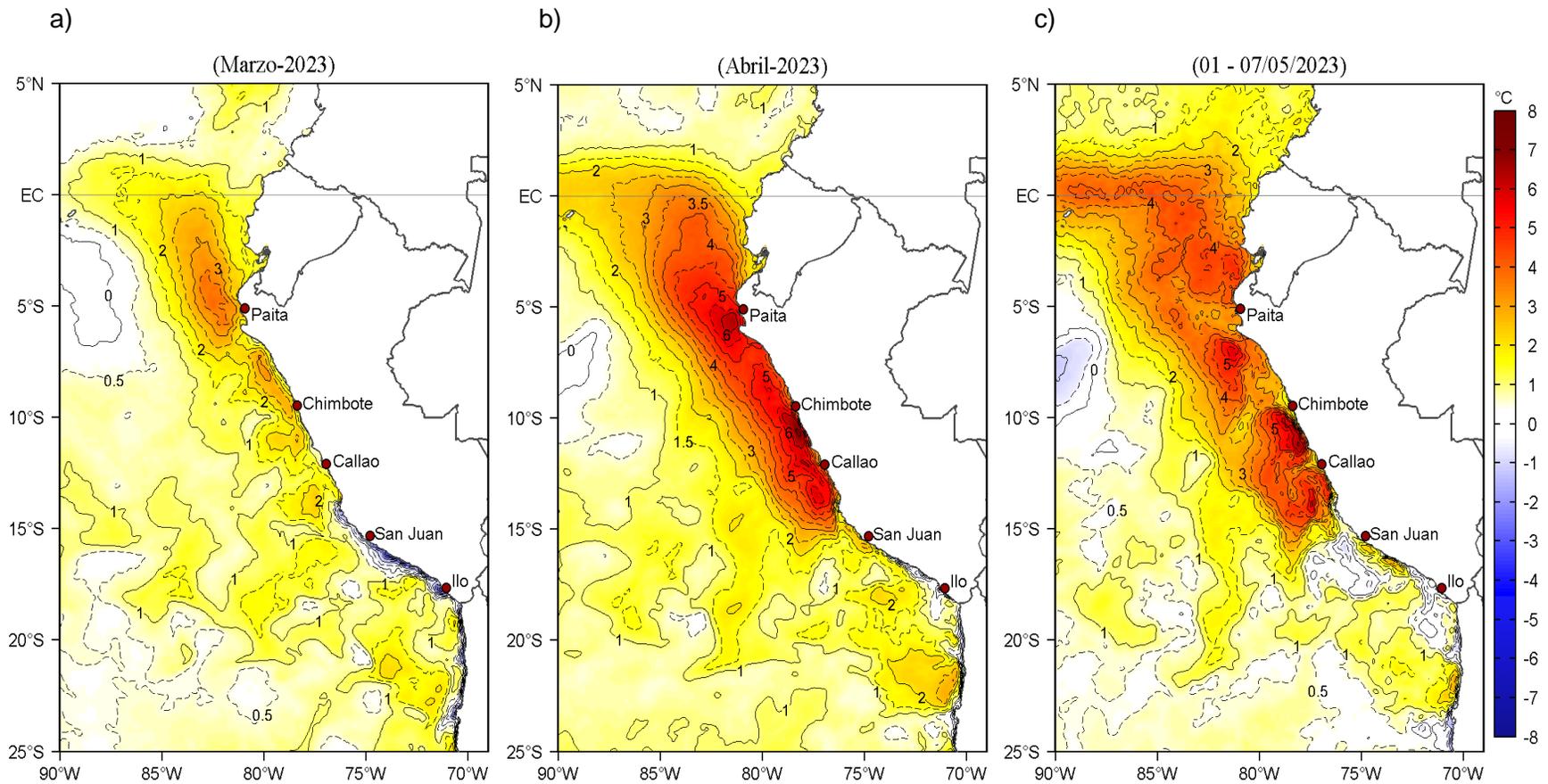


Figura 20. Distribución espacial promedio mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para los meses de marzo (a); abril (b) y del 01-07 de mayo 2023 (c) en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

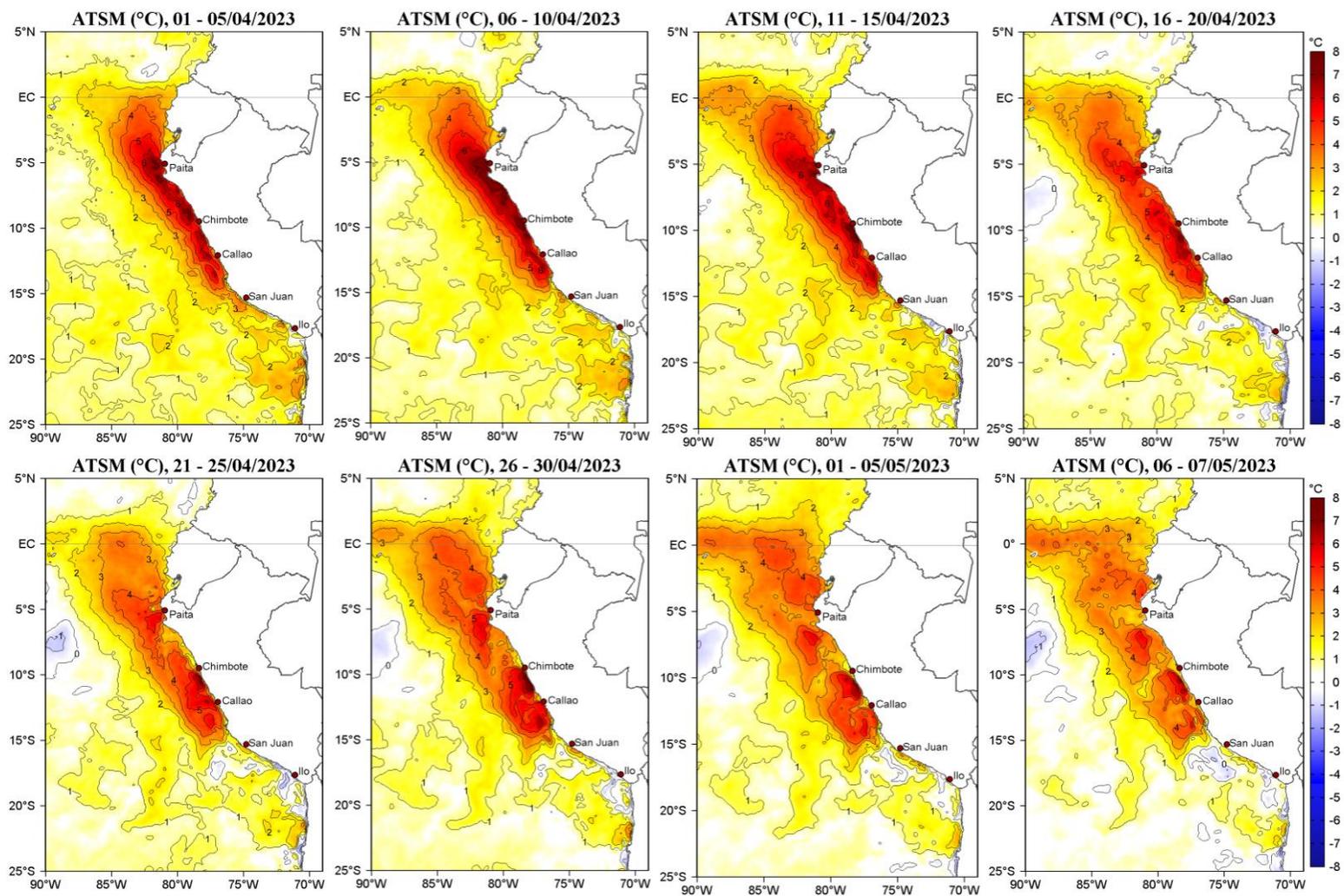
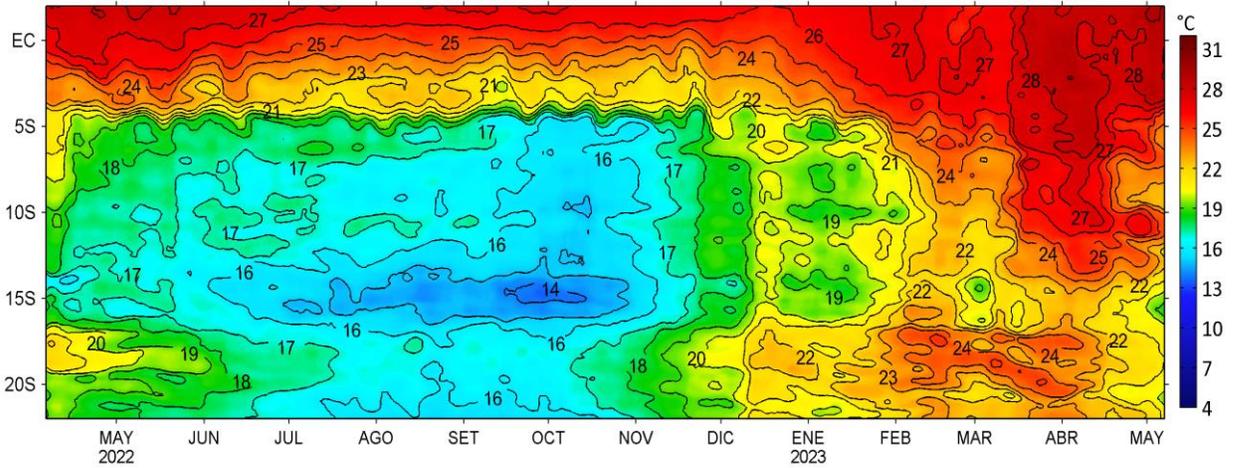


Figura 21. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para los meses de abril al 07 de mayo 2023. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta en el margen derecho. Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

Temperatura Superficial del mar (°C), franja costera de 60 m.n.
06 de abril 2022 - 07 de mayo 2023



Anomalías de la Temperatura Superficial del mar (°C), franja costera de 60 m.n.
06 de abril 2022 - 07 de mayo 2023

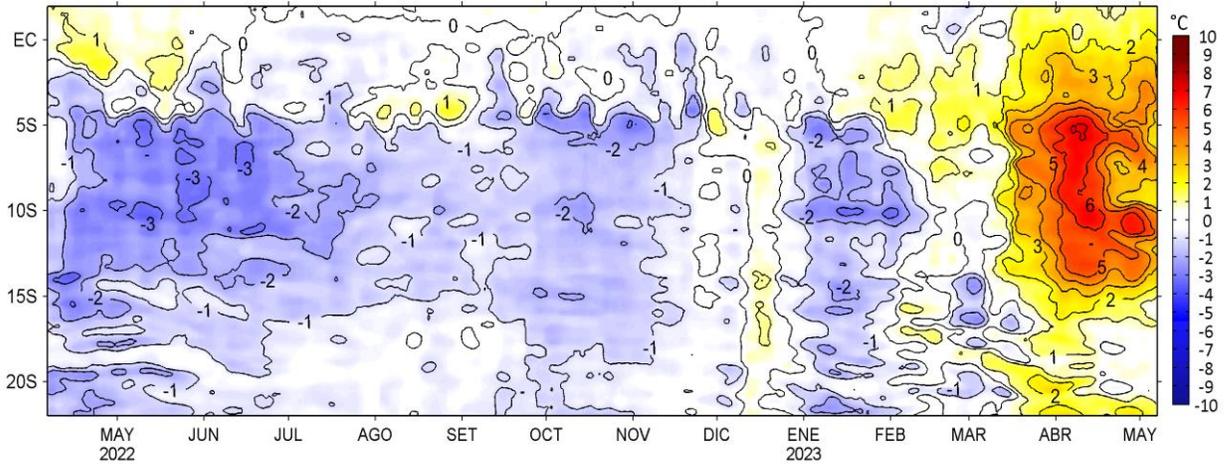


Figura 22. Diagrama Hovmöller de la TSM (°C) y ATSM (°C) para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral de abril 2022 al 07 de mayo 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

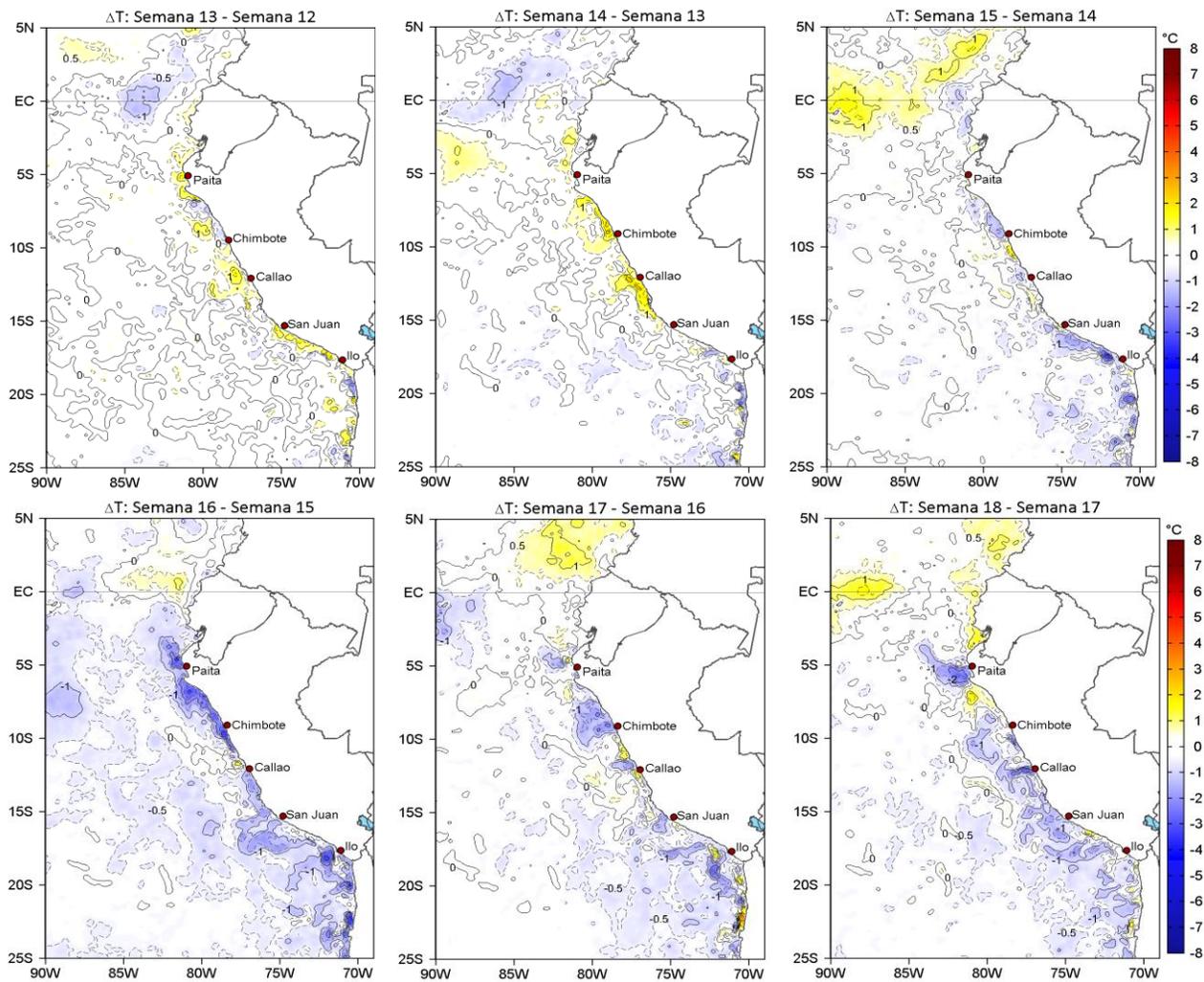


Figura 23. Cambio semanal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C). Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016. Semana 08: 19-25 de febrero 2023; Semana 09: 26 de febrero-04 de marzo; Semana 10: 05-11 de marzo; Semana 11: 12-18 de marzo 2023; Semana 12: 19-25 de marzo 2023, Semana 13: 26 de marzo-01 de abril y Semana 14: 02-08 de abril.

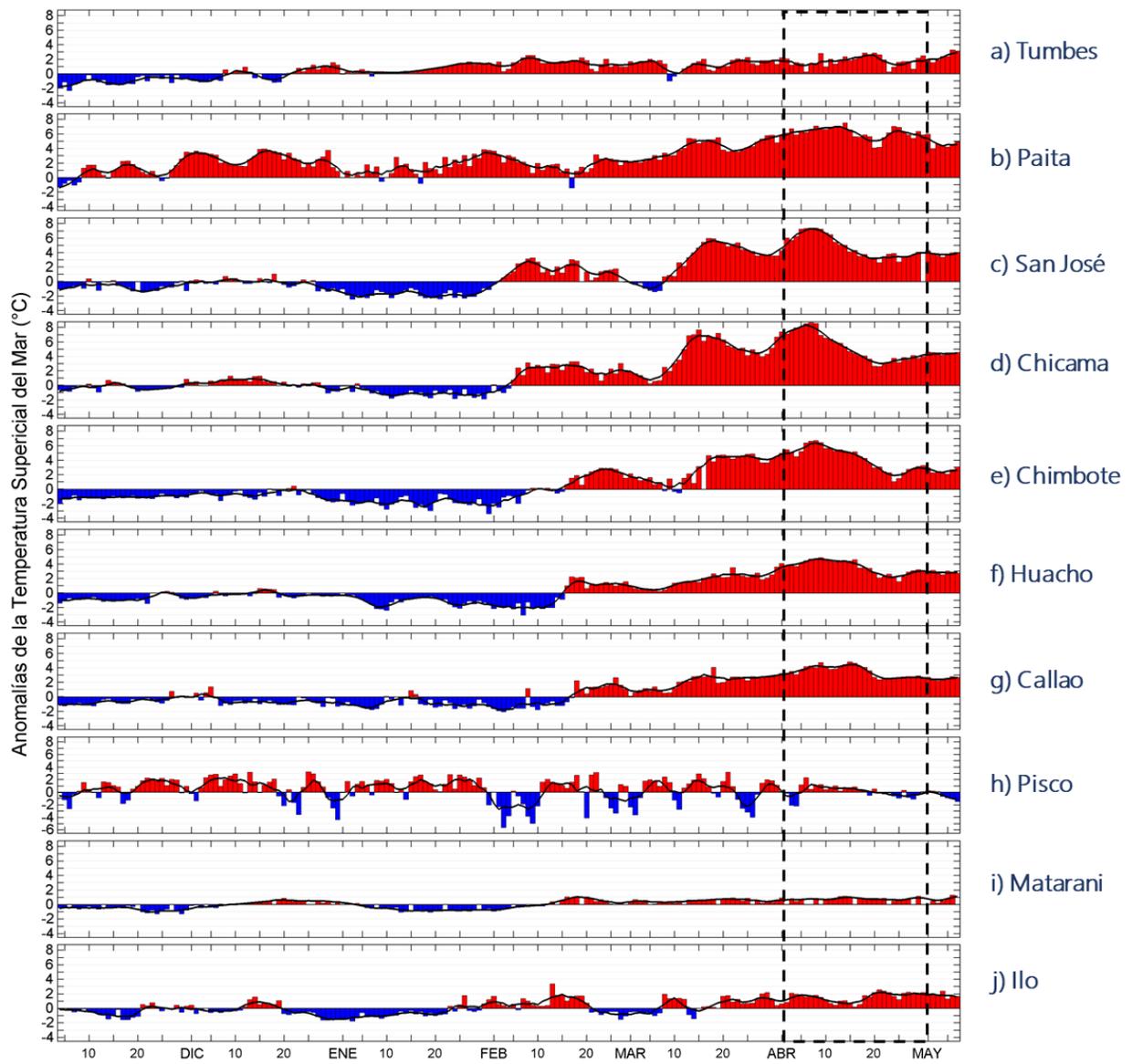


Figura 24. Series de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en los muelles costeros del IMARPE de noviembre 2022 al 07 de mayo 2023.

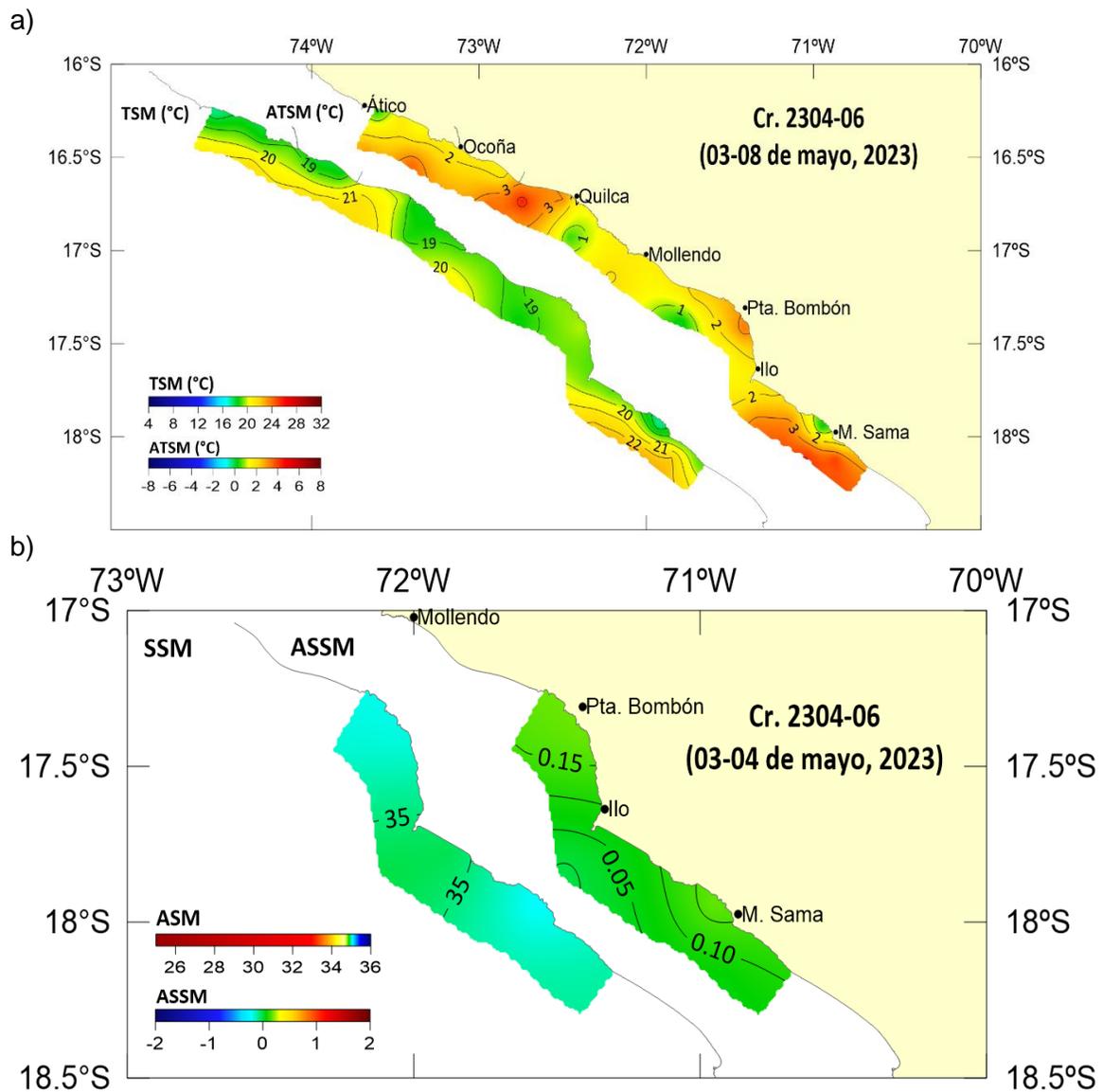


Figura 25. a) TSM (°C) y ATSM (°C) y b) SSM y ASSM, registrada por el Crucero Pelágico 2302-03 (EP Tasa425 – EP Incamar1), ejecutado del 21-02-2023 al 23-03-2023. El crucero recorrió de norte a sur, alcanzando Punta La Negra el 01 de marzo, Chimbote el 08 de marzo y Callao el 15 de marzo. Climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).

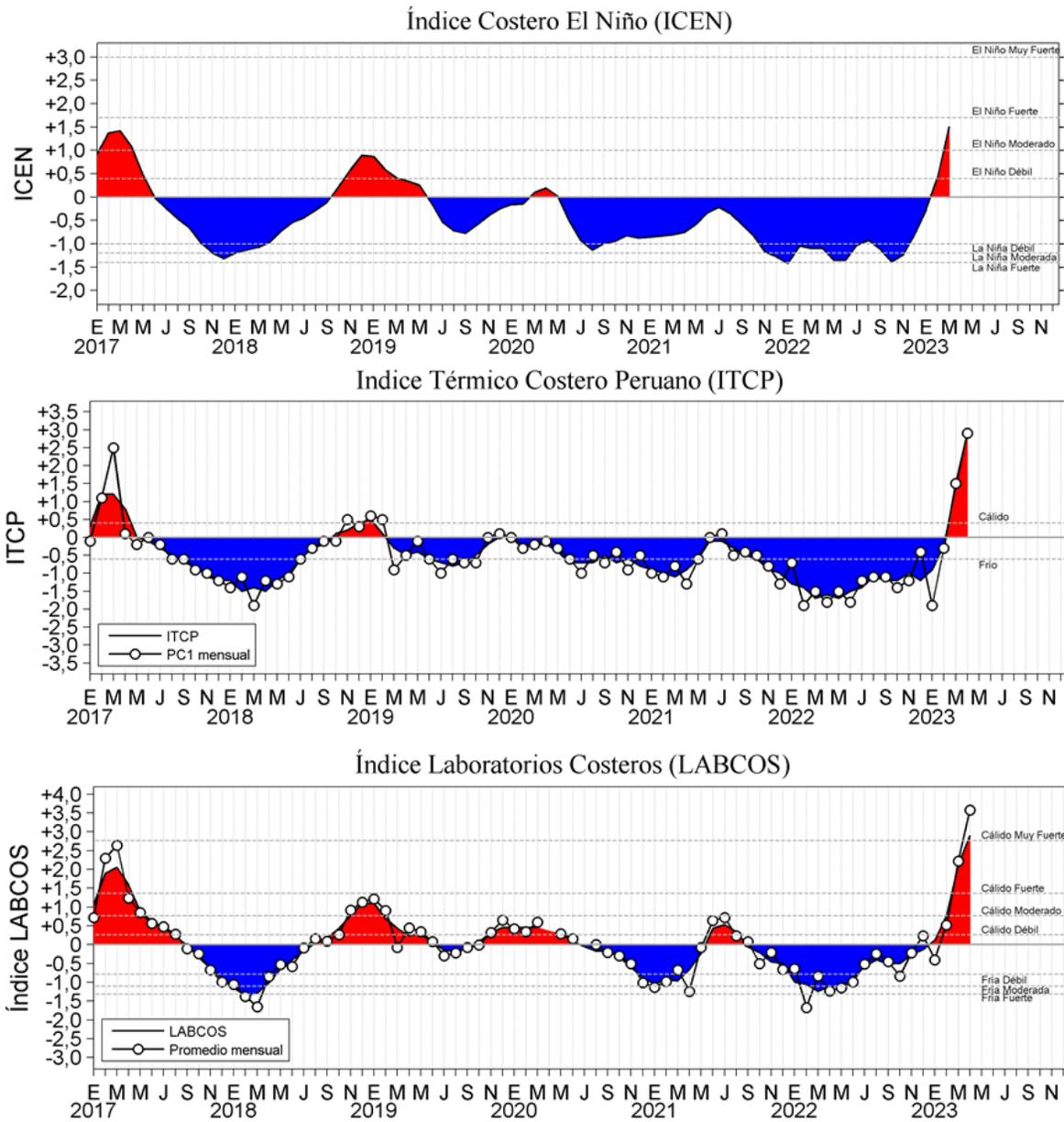


Figura 26. Series de tiempo de: a) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y c) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2023.

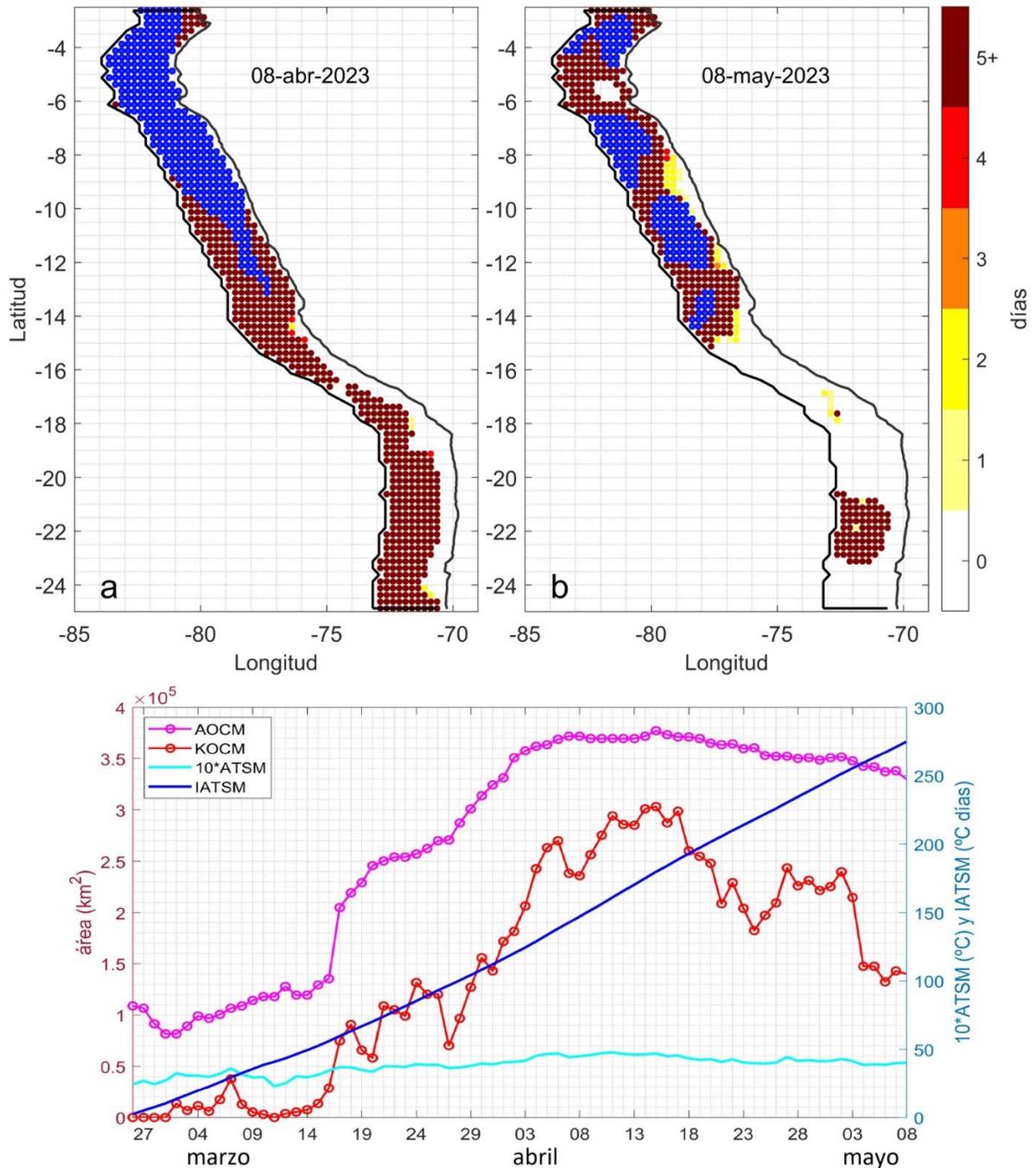
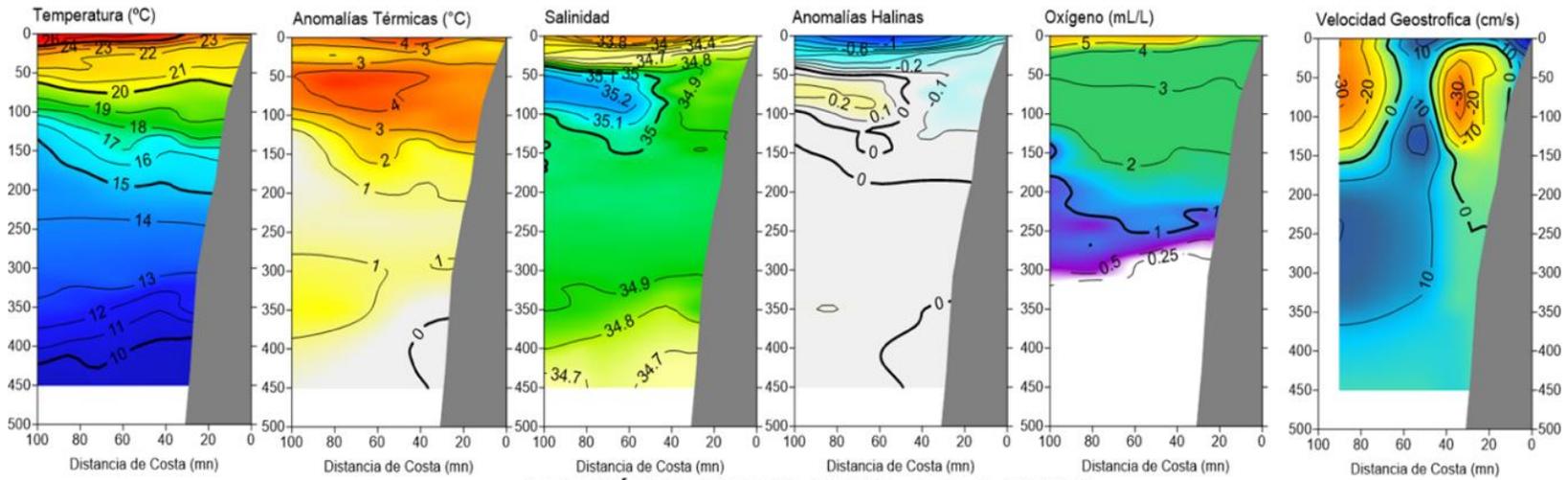


Figura 27. Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa el 08 de abril (a) y el 8 de mayo 2023 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021); los círculos con relleno azul indican que allí la OCM supera la anomalía de +4 $^\circ\text{C}$; c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 2 y 15 $^\circ\text{S}$ y dentro de las 150 mn: área de la OCM (AOCM, Km^2); área de la OCM donde la $ATSM > +4 \text{ }^\circ\text{C}$ (KOCM, Km^2); anomalía diaria de la TSM; y anomalía integrada (IATSM; $^\circ\text{C} \times \text{días}$). En promedio, la $ATSM$ en la OCM desde el 1 de abril hasta el 8 de mayo fue +4,3 $^\circ\text{C}$. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

SECCIÓN PAITA (28-29 de abril del 2023)



SECCIÓN CHICAMA (25-26 abril del 2023)

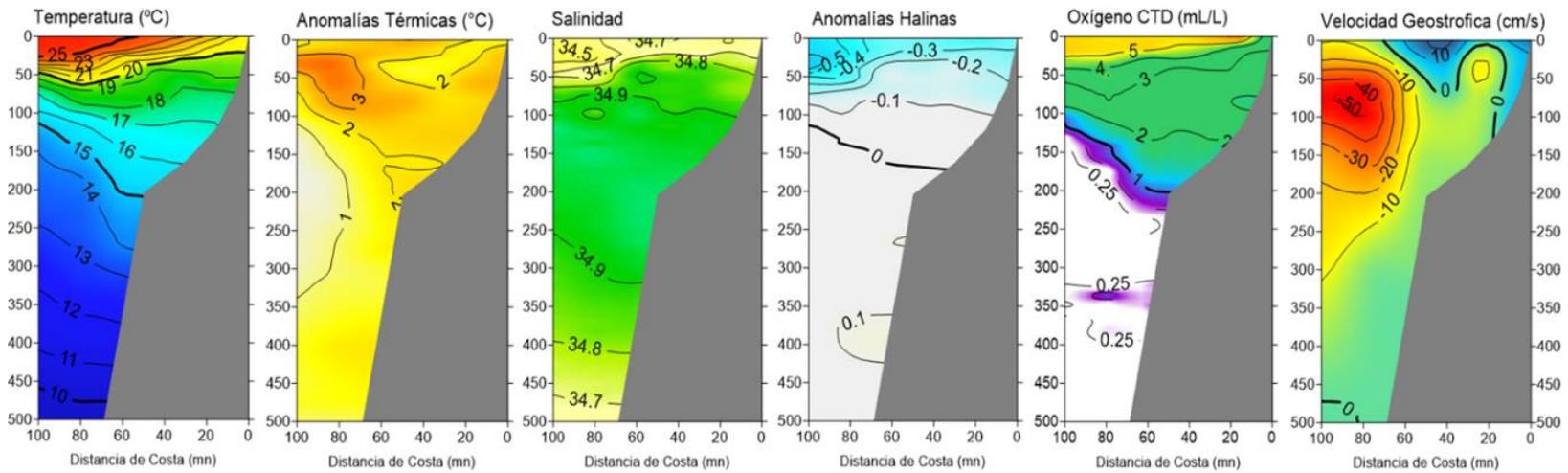


Figura 28. a) Secciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas y oxígeno disuelto OD (mL L^{-1}) de izquierda a derecha frente a a) Paita (28-29 abril), y b) Chicama (25-26 abril). Climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).

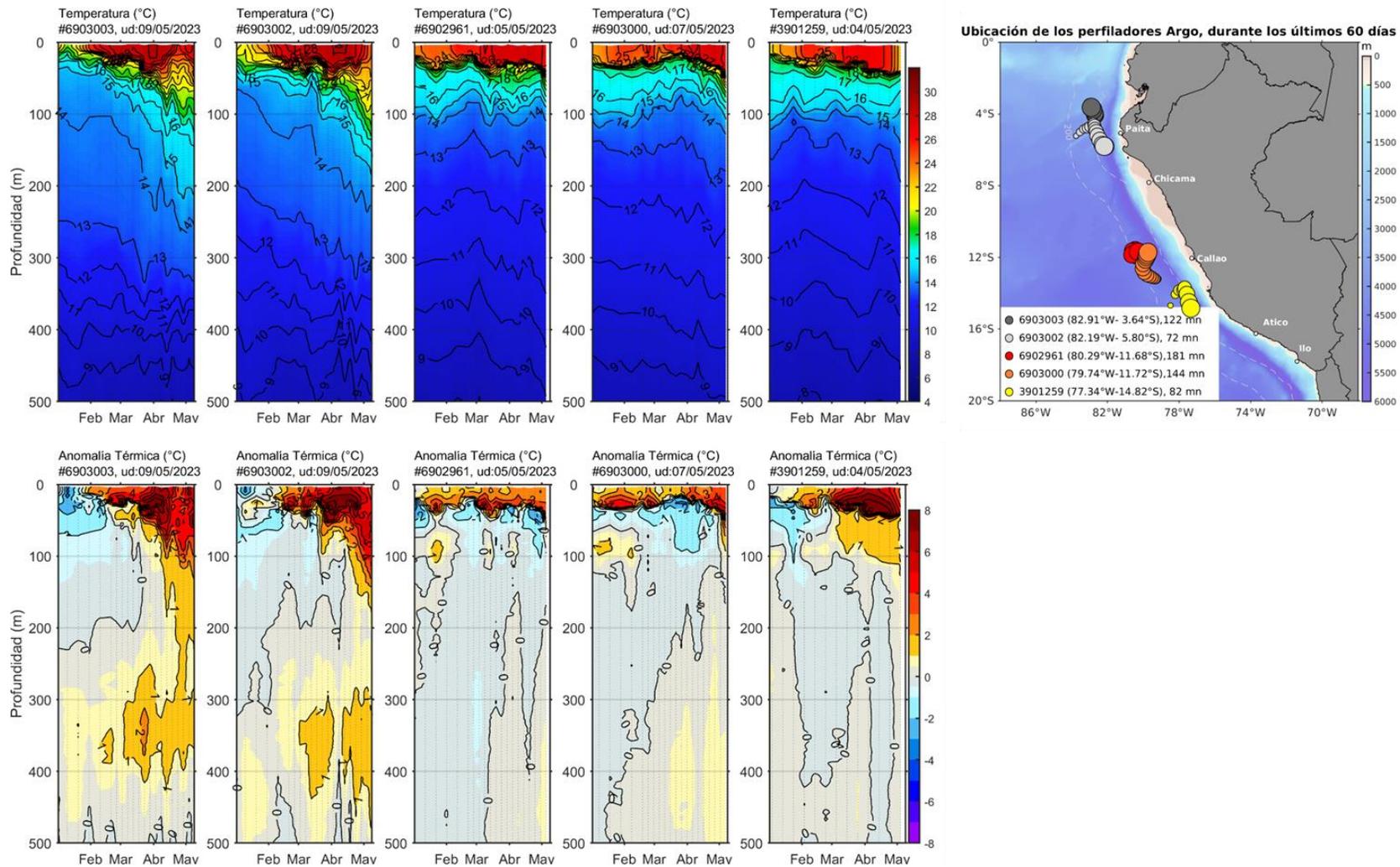


Figura 29. Evolución de la temperatura de la columna de agua y su anomalía en perfiladores ARGO ubicados dentro de las 150 mn frente a la costa y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

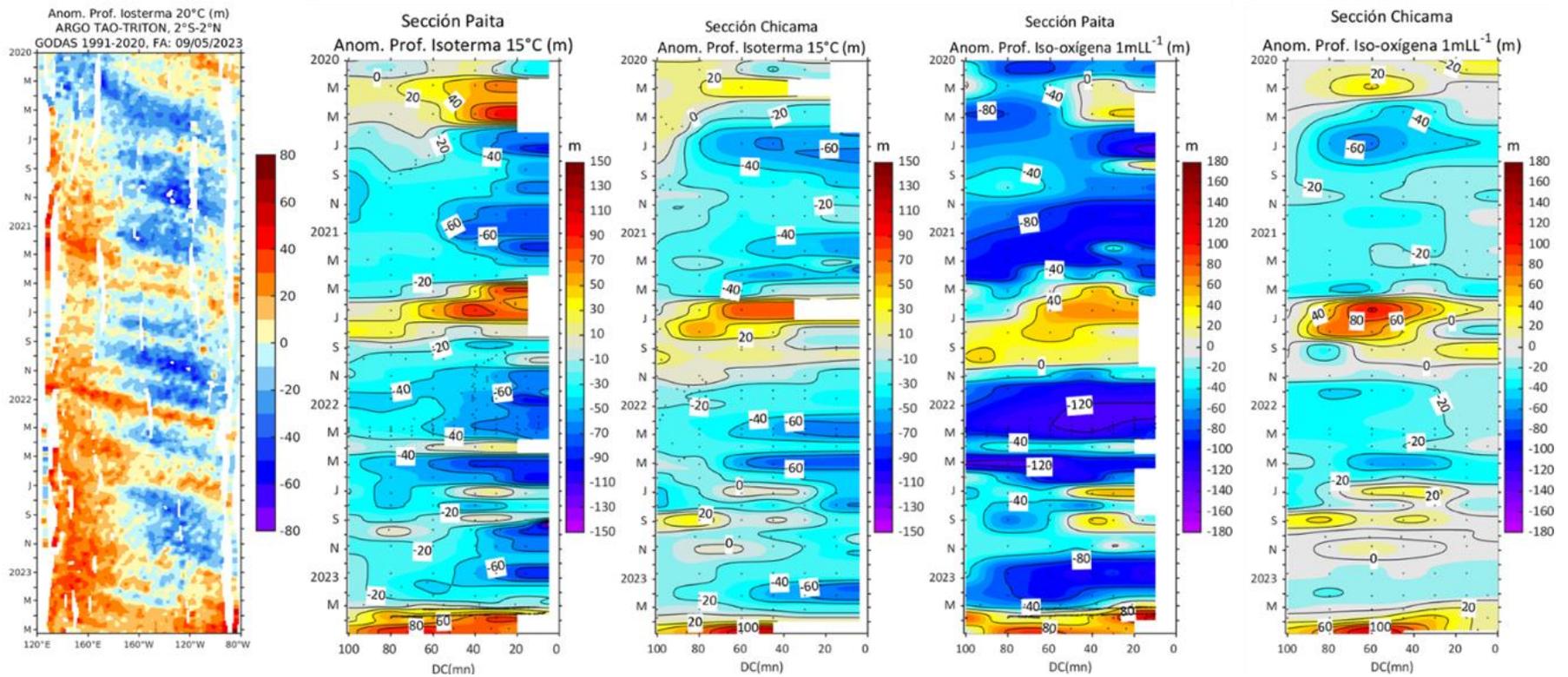


Figura 30. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. Climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).

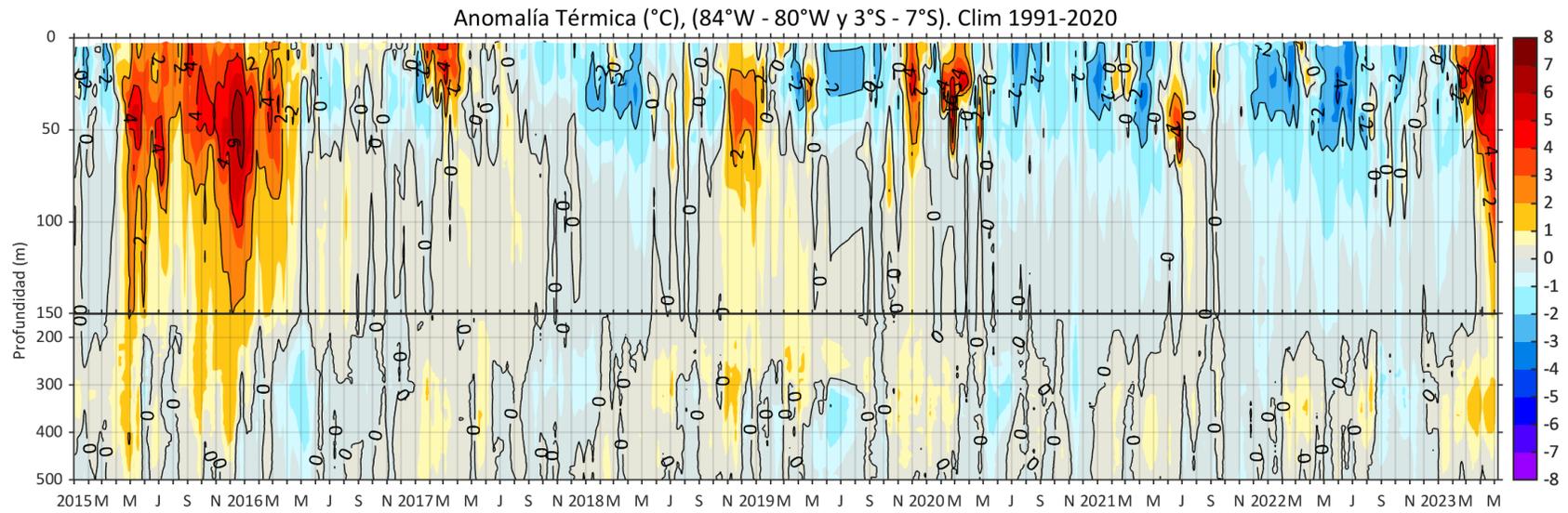
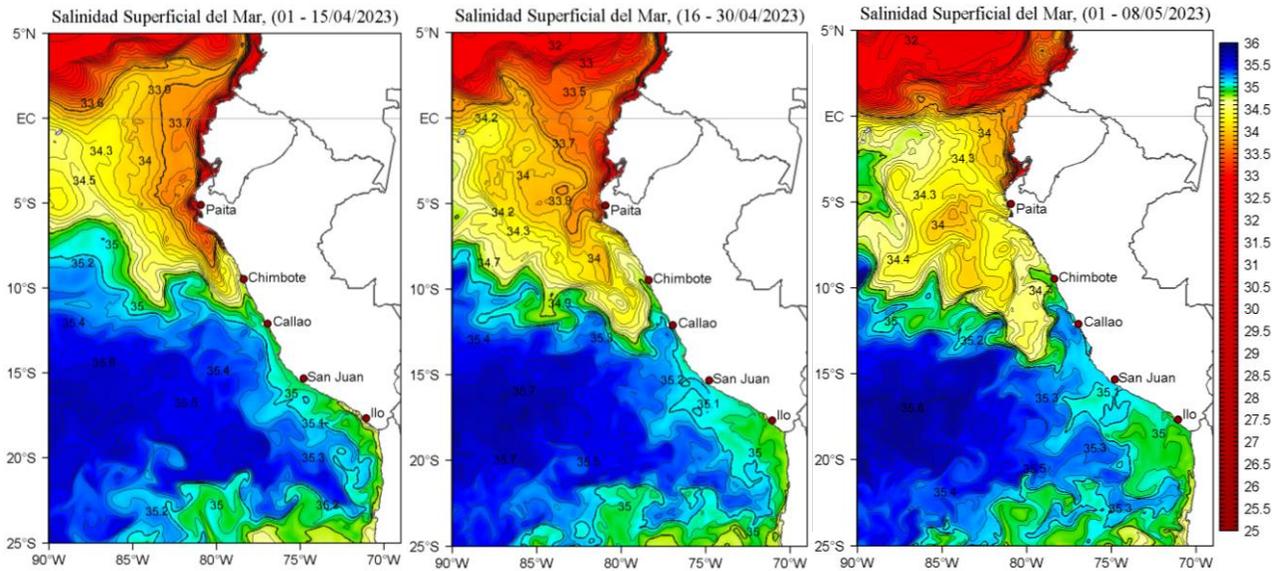


Figura 31. Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte; climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023).

a)



b)

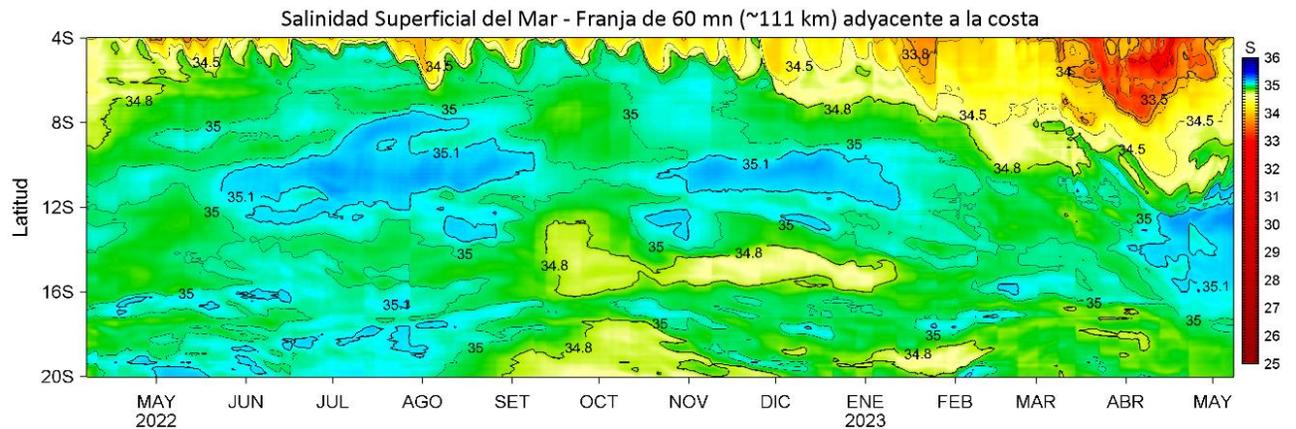


Figura 32. (a) Distribución quincenal de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de abril y lo que va de mayo del 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 7 de mayo de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

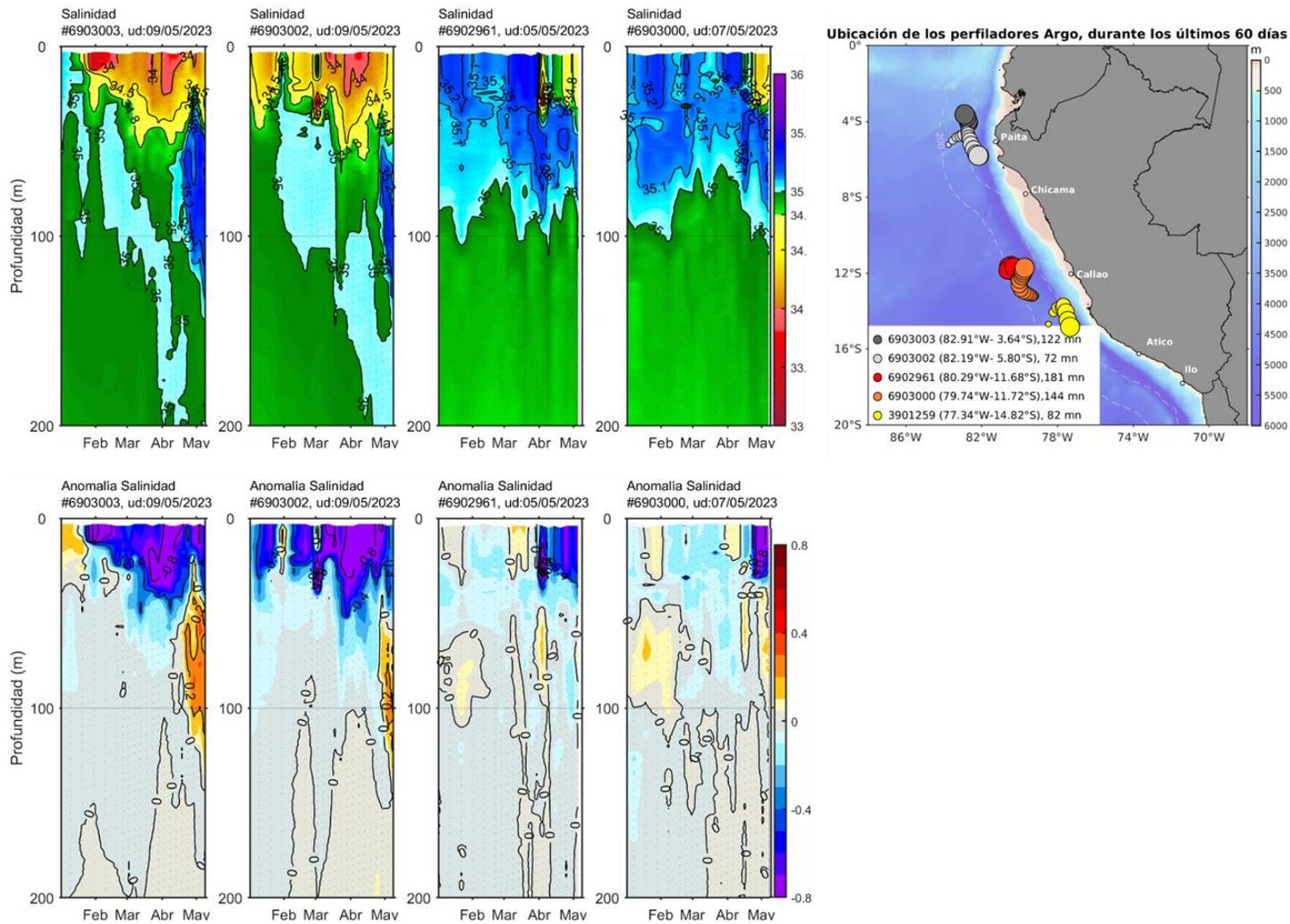


Figura 33. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

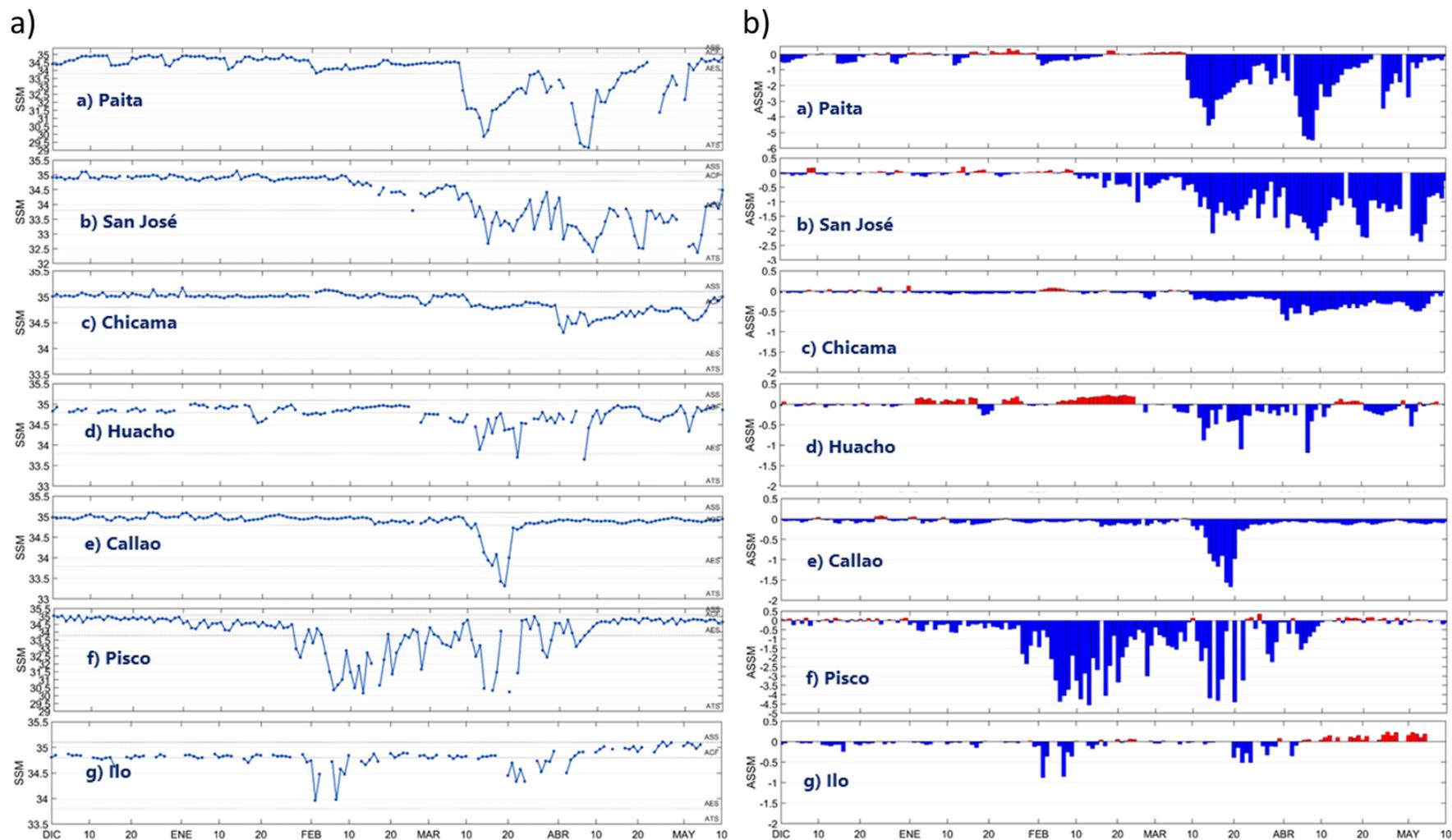
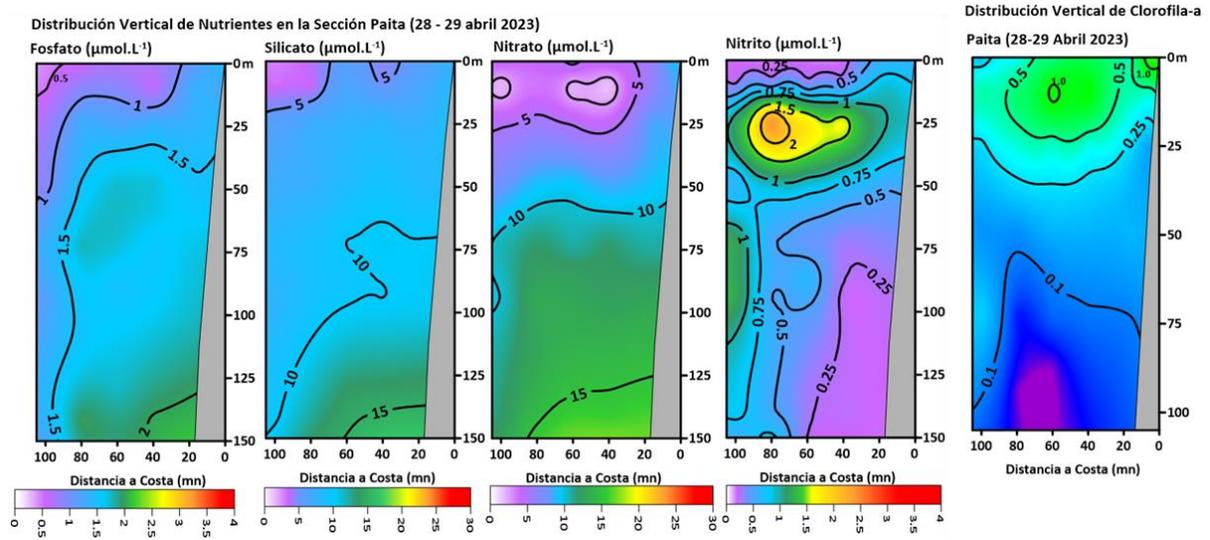


Figura 34. Salinidad del superficial del mar (a) y sus anomalías (b) en los laboratorios costeros del IMARPE.

a)



b)

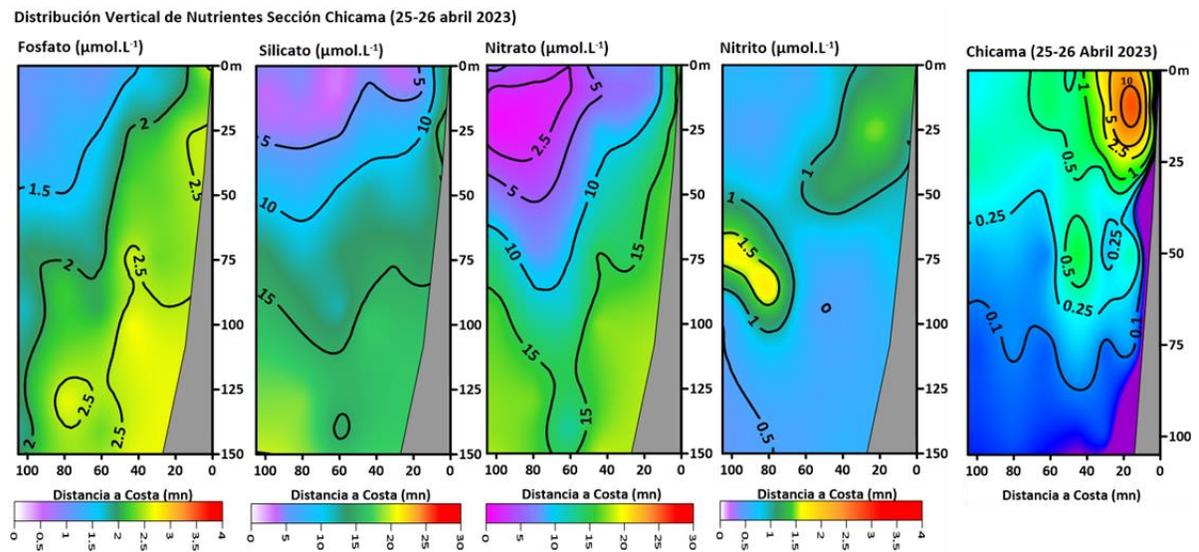


Figura 35. Distribución vertical de nutrientes y clorofila-a en la sección Paíta (28-29 abril 2023) y Chicama (25-26 de abril 2023).

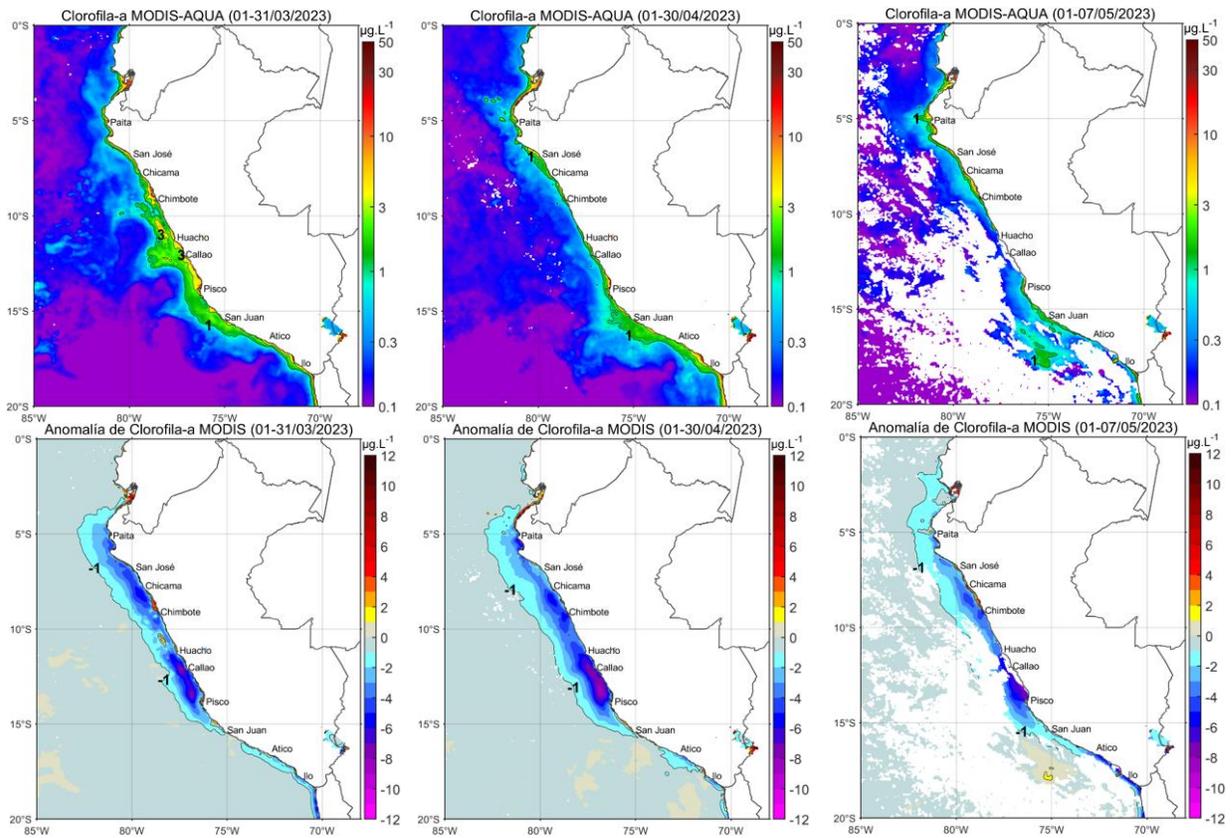


Figura 36. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante marzo, abril y lo que va de mayo de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

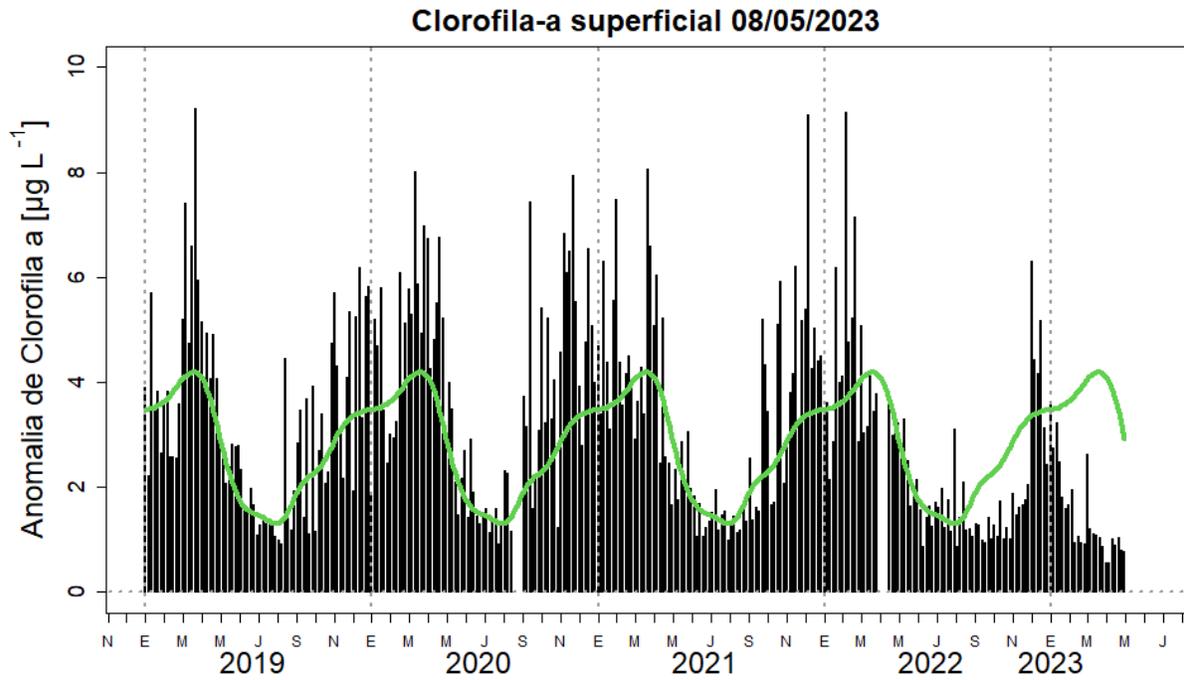


Figura 37. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

a) Paita

Fecha	Distancia a la costa (mn)						
	100	80	60	40	16	11	5
22 y 23 Dic - 22				ACF			
07 y 08 Feb - 23	AES	AES	AES	AES	AES	AES	ACF
26 y 27 Mar - 23	AES	AES	AES	AES	AES	AES	AES
28 y 29 Abr - 23	AES	AES	AES	AES	AES	AES	AES

b) Chicama

Mes	Distancia a la costa (mn)						
	100	80	60	45	30	15	5
19 y 20 Dic - 22					ACF	ACF	ACF
04 y 05 Feb - 23						ACF	ACF
24 y 25 Mar - 23						ACF	ACF
25 y 26 Abr - 23						ACF	ACF

Leyenda

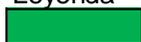
	ACF		AES		ASS
	Sin indicadores		No muestreada		

Figura 38. Indicadores del fitoplancton durante diciembre 2022 a abril 2023 frente a Paita y Chicama.

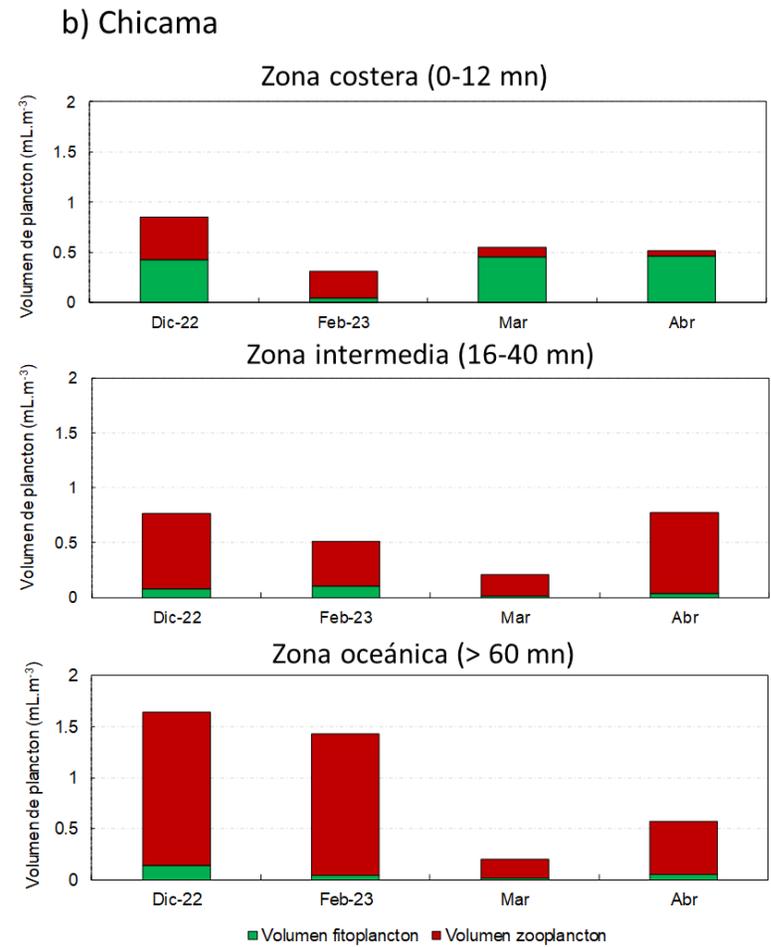
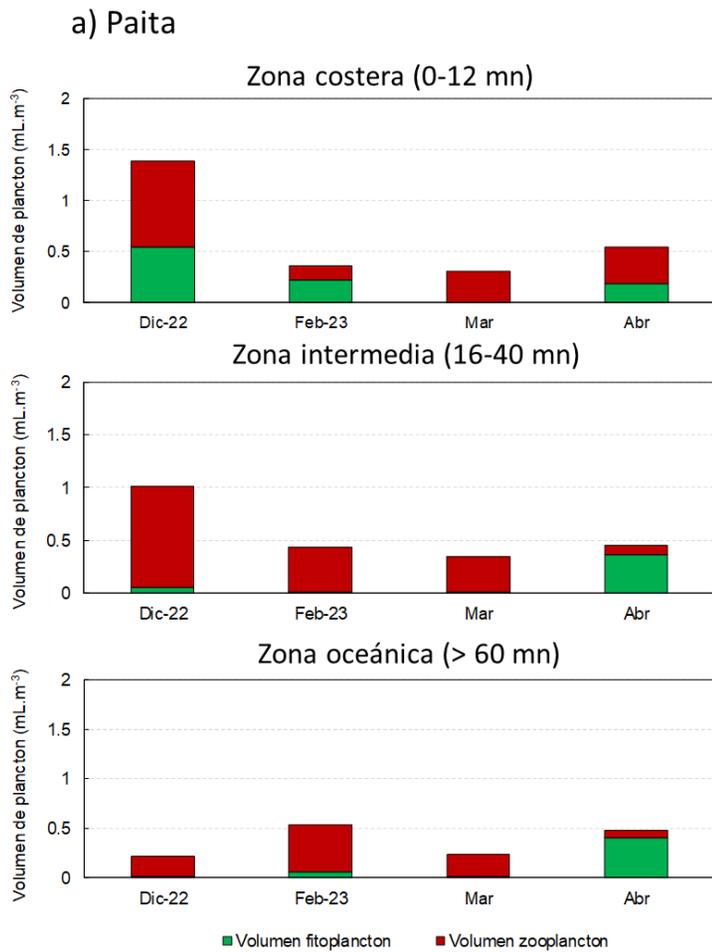
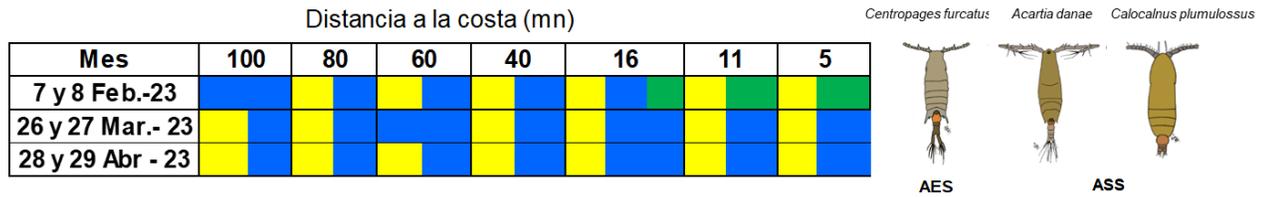


Figura 39. Volumen del plancton frente a Paita y Chicama entre diciembre 2022 a abril 2023.

a) Paita



b) Chicama

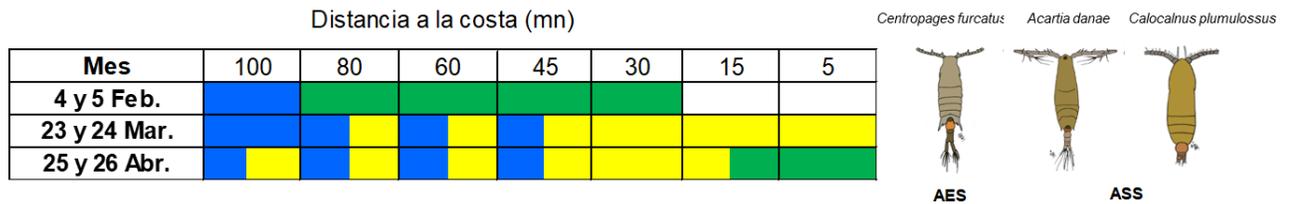


Figura 41. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita (a) y Chicama (b) durante el 23 de abril del 2023. A la derecha el esquema de los indicadores biológicos de zooplancton: *Centropages furcatus* (AES), (b) *Acartia danae* (ASS) y (c) *Calocalanus plumulosus* (ASS), identificados frente a Paita y Chicama durante fines de abril del 2023.

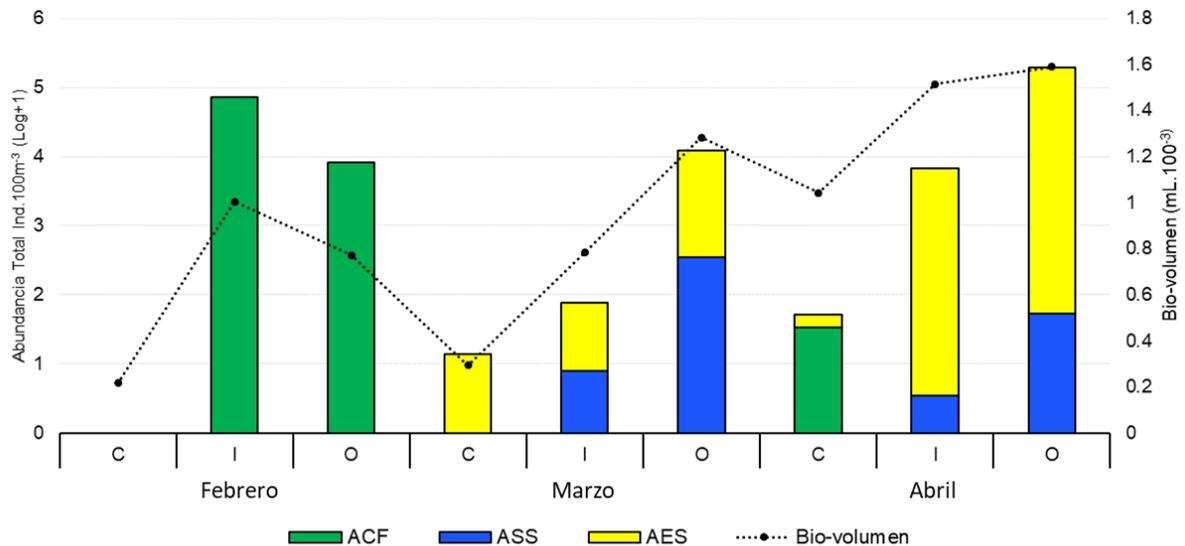


Figura 42. Abundancia de indicadores biológicos de zooplancton frente a Chicama durante abril del 2023.

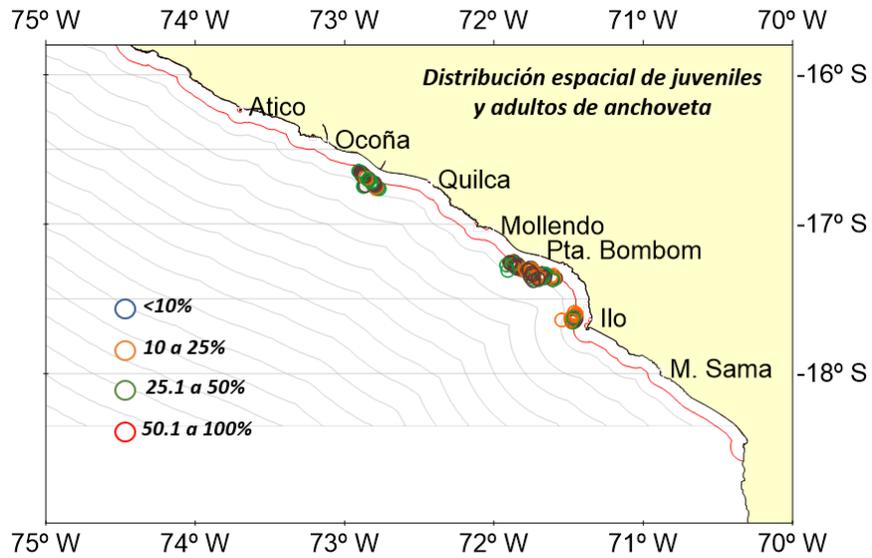


Figura 43. Distribución espacial de lances de anchoveta proveniente de la flota de cerco industrial en la región Sur. Abril del 2023.

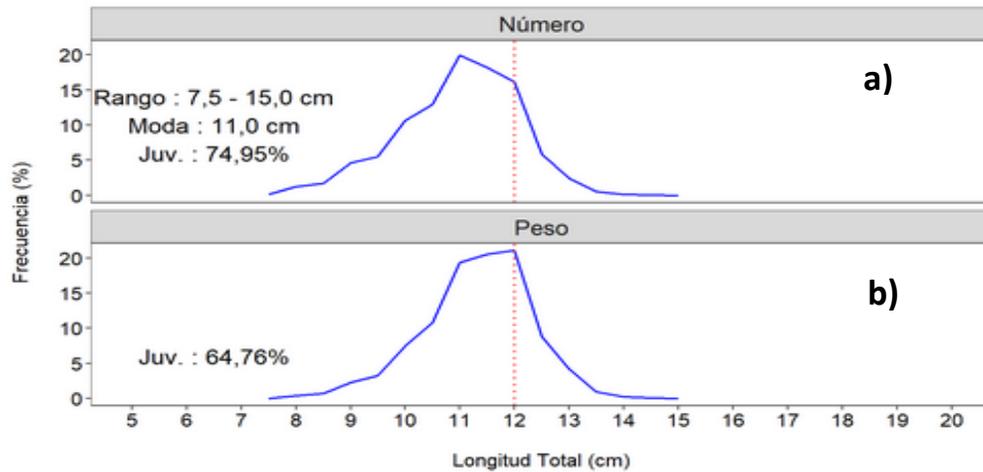


Figura 44. Estructura por tamaños de la anchoveta en la región Sur, durante abril del 2023. Grafico superior en número, grafico inferior en peso.

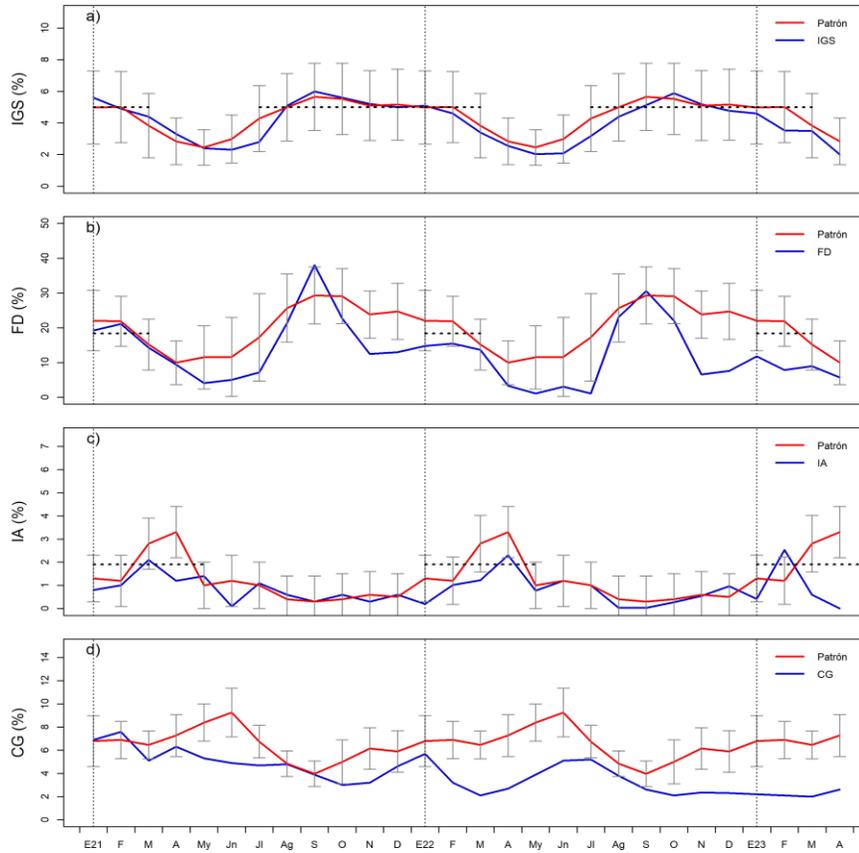


Figura 45. Serie mensual de los indicadores de la condición reproductiva de la anchoveta: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD) y c) Índice de atresia (IA) y de la condición somática: d) contenido graso (CG). De enero 2021 – abril 2023.

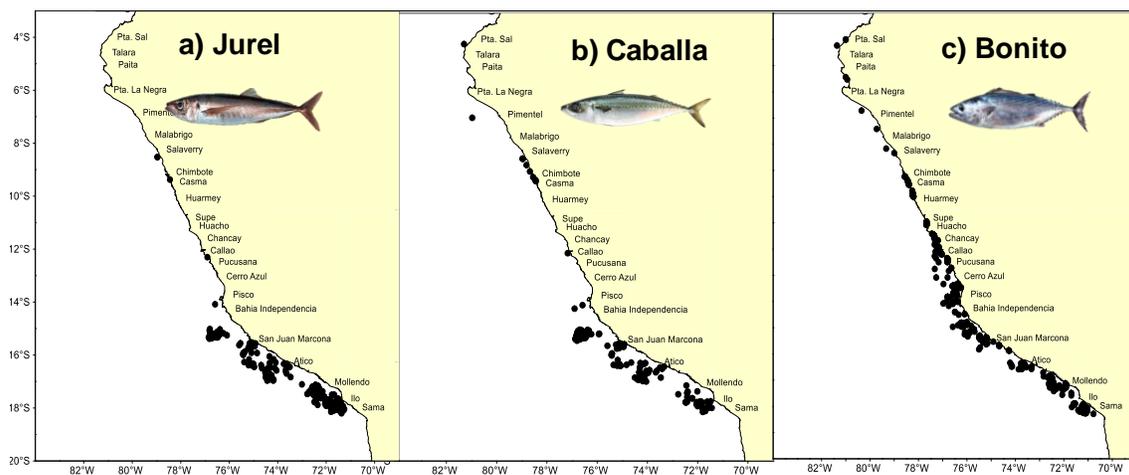


Figura 46. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito. Periodo: abril del 2023.

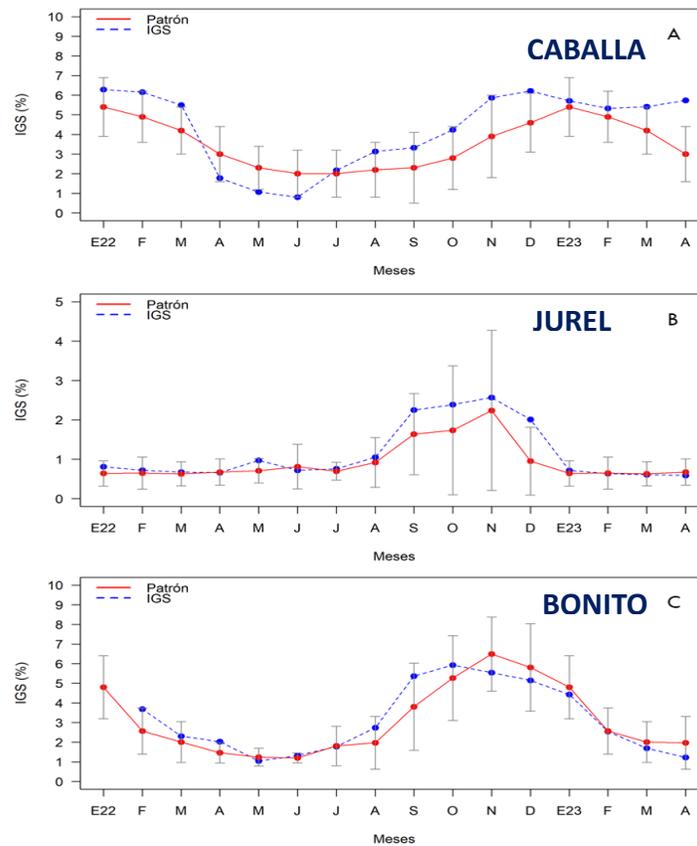


Figura 47. Índice gonadosomático (IGS) de a) caballa, b) jurel y c) bonito. Periodo enero 2022 a abril 2023 respecto a los patrones históricos 1990-2018, 2002 -2016 y 2004 – 2017, respectivamente.

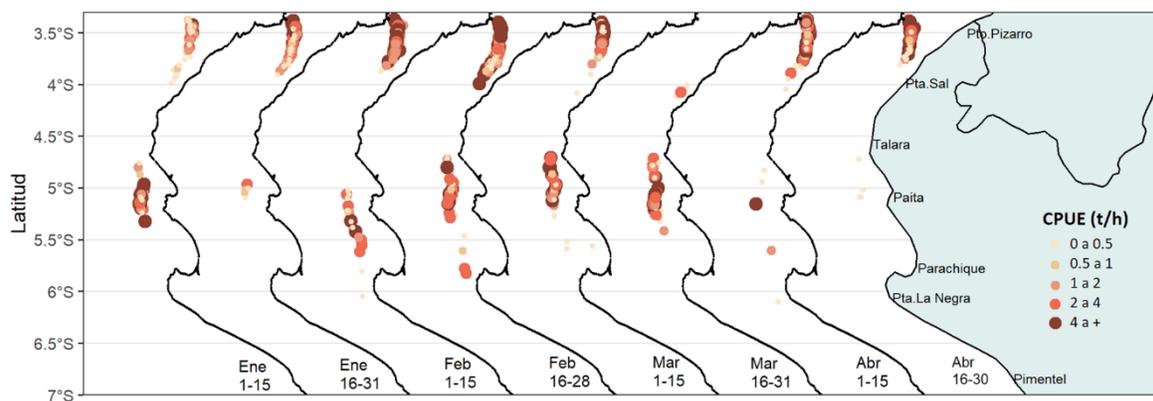


Figura 48. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero y abril (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

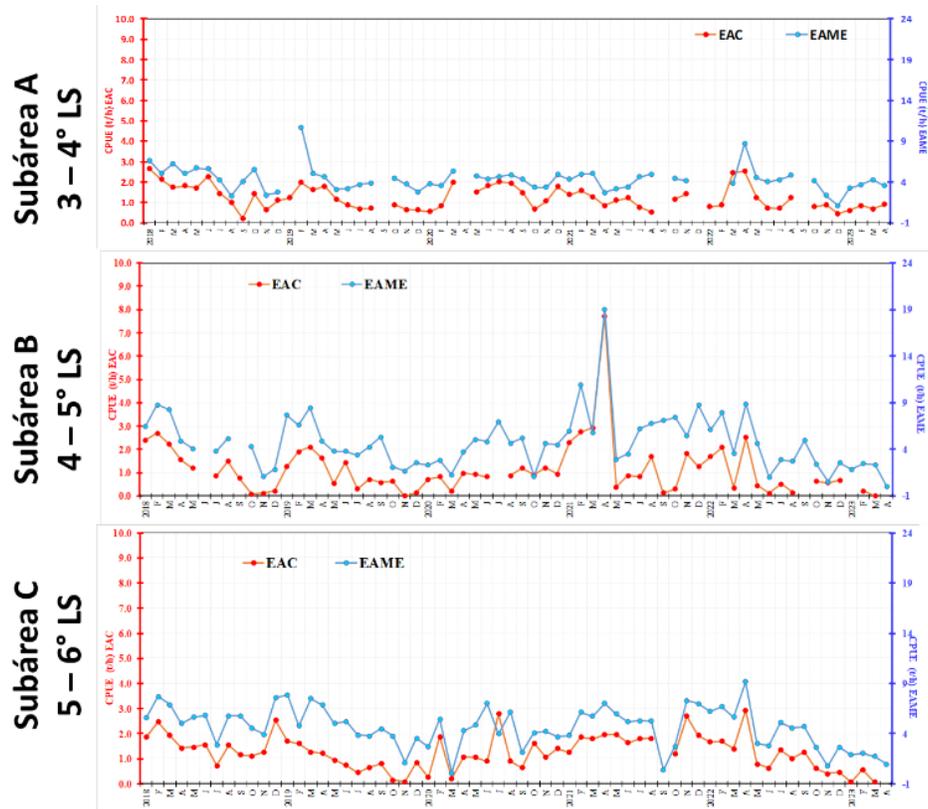


Figura 49. CPUE mensual (t/h) por sub-área de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

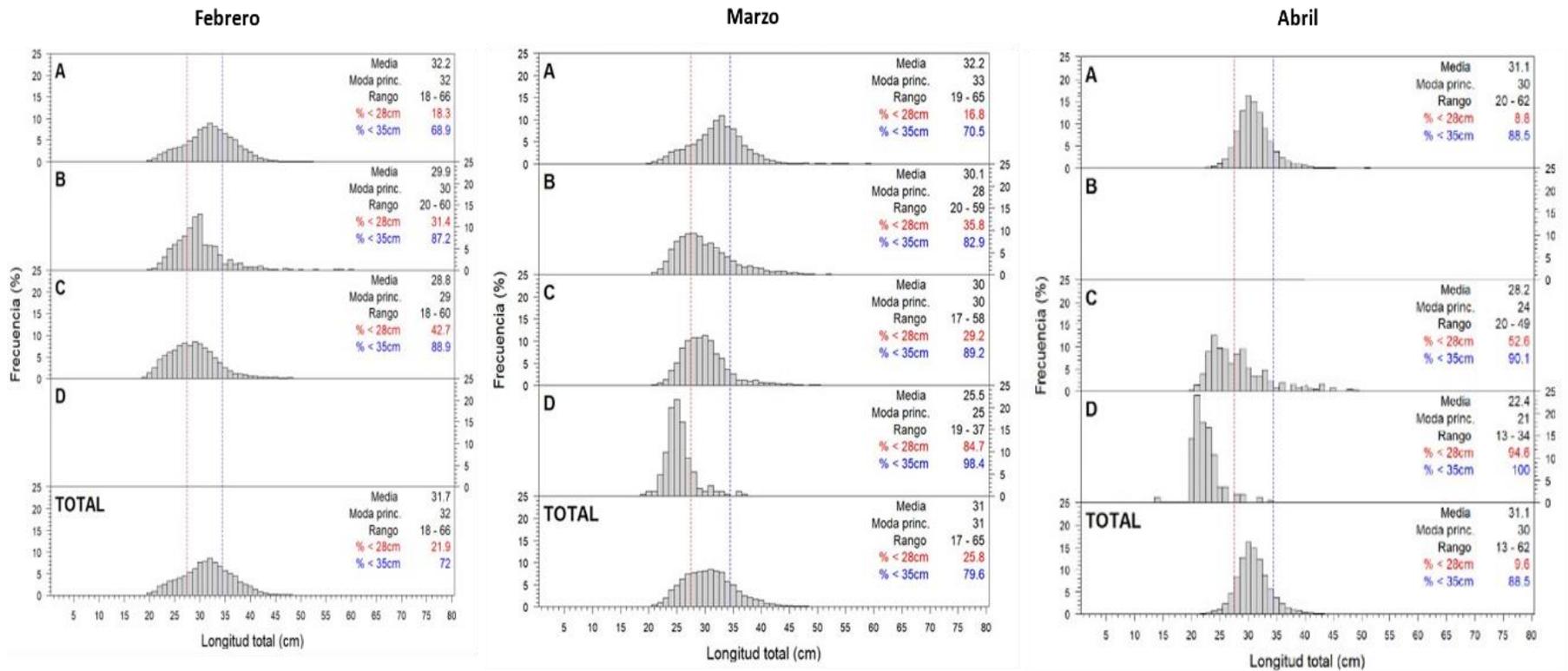


Figura 50. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) entre los meses de enero y abril 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

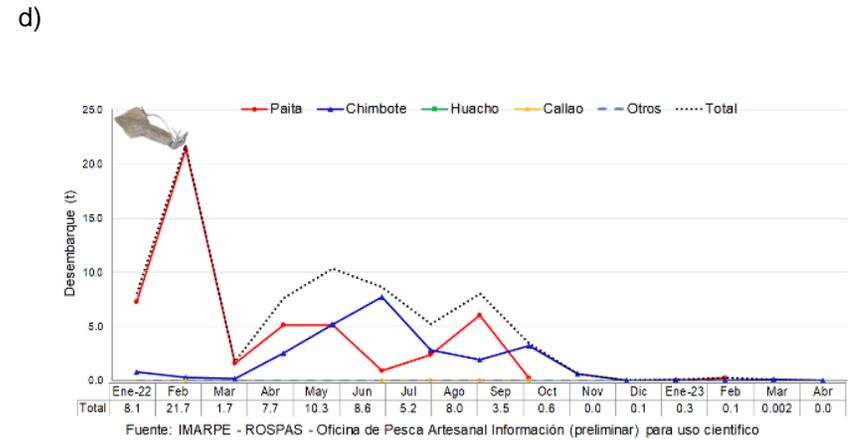
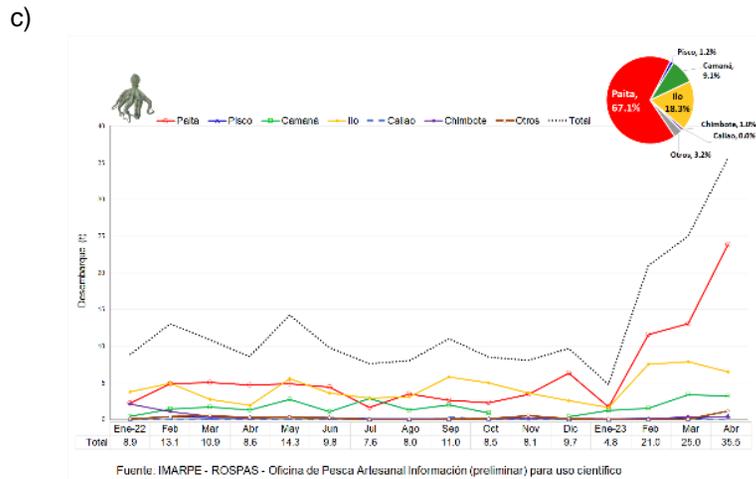
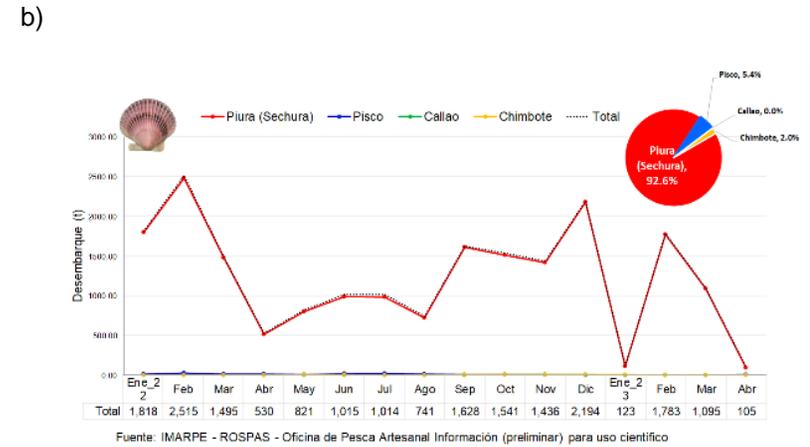
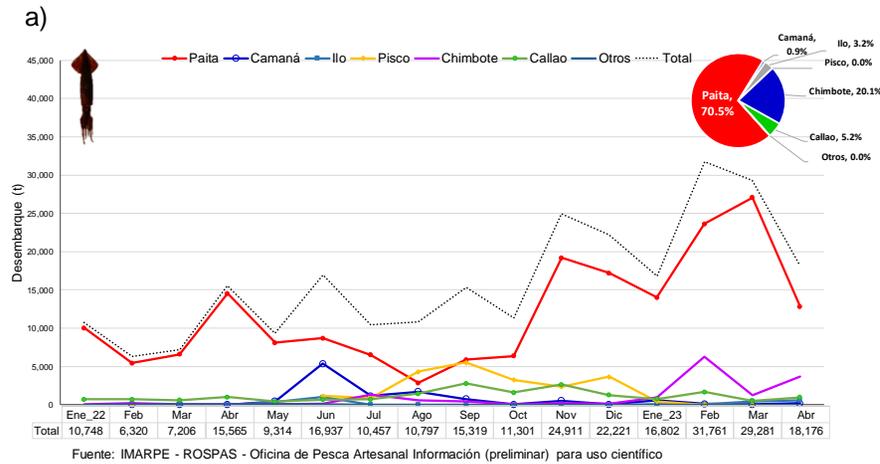


Figura 51. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), pulpo *Octopus mimus* (c), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (d) durante 2022-2023.

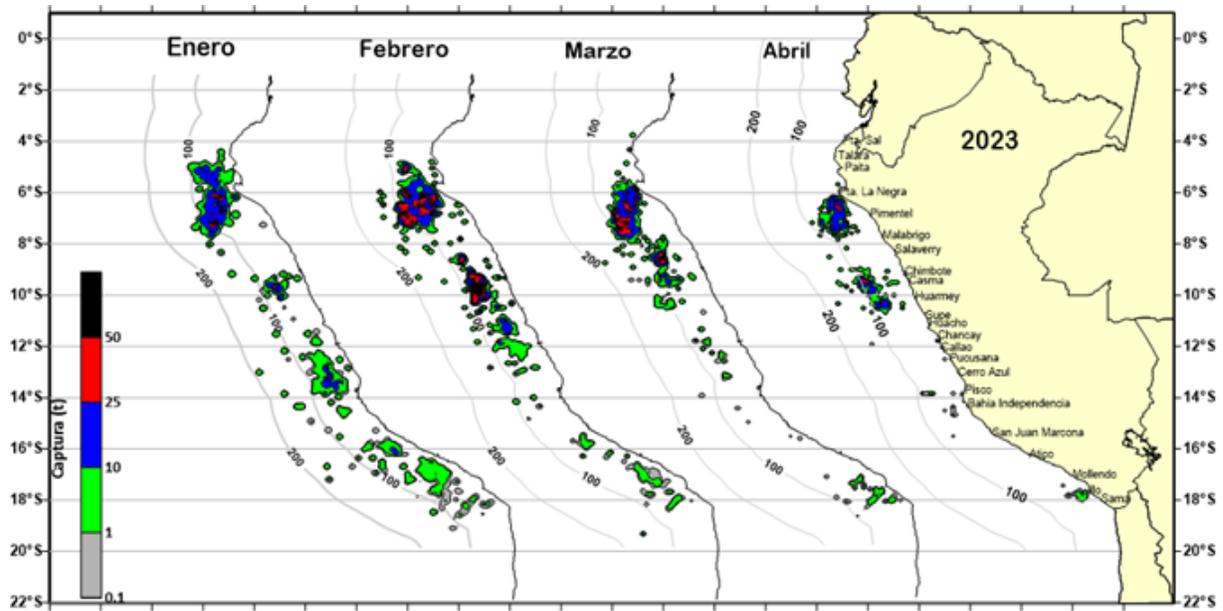


Figura 52. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, abril 2023.

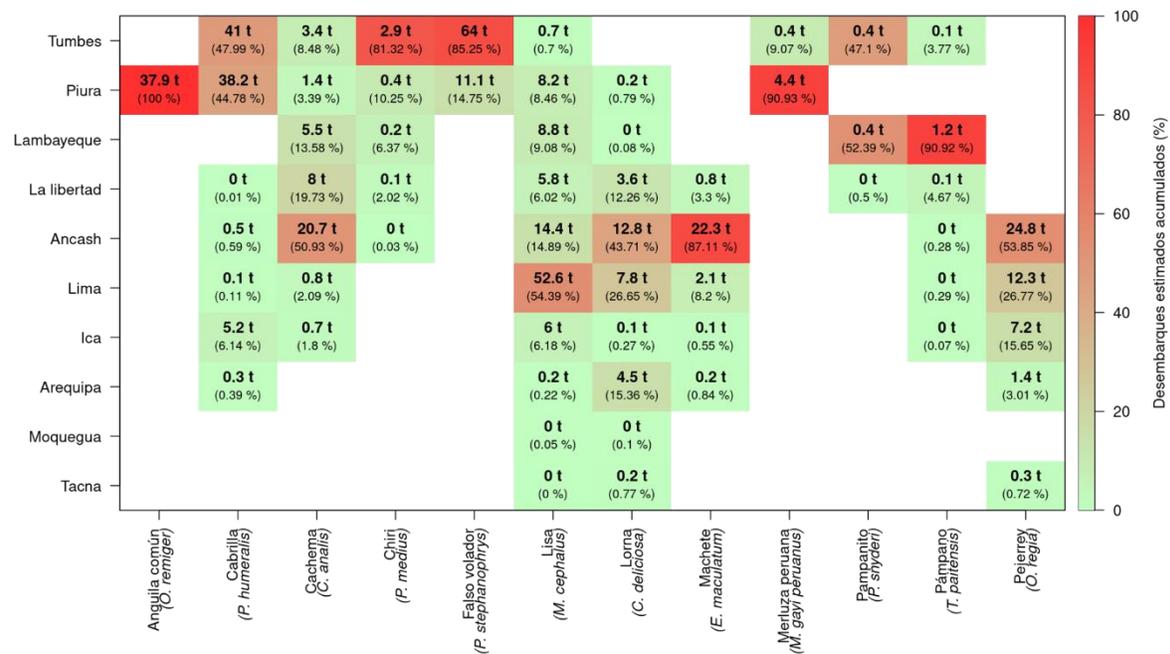


Figura 53. Desembarque (t) mensual de los recursos hidrobiológicos registrados por la pesca artesanal en el litoral peruano durante abril 2023.

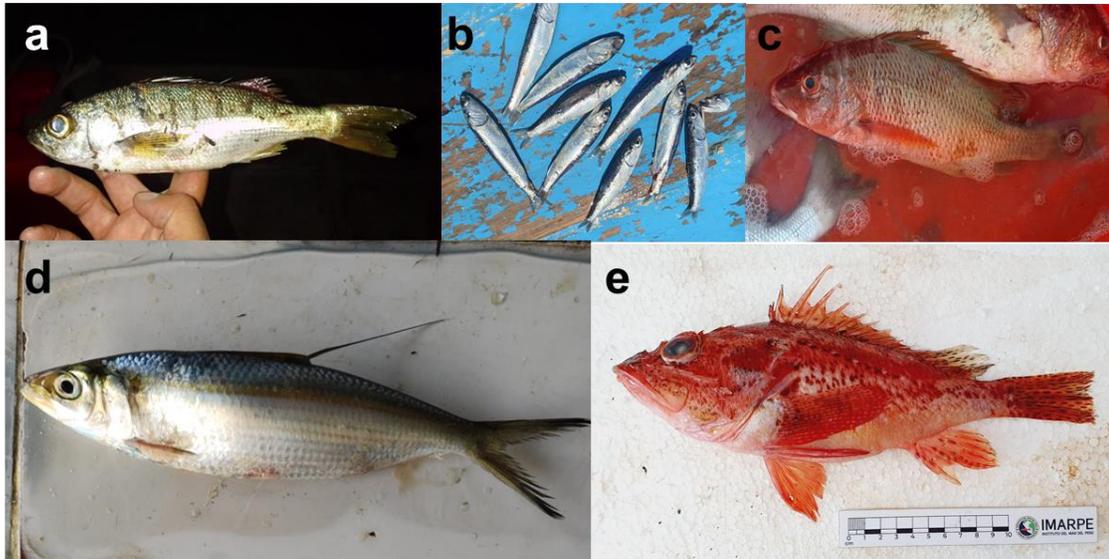
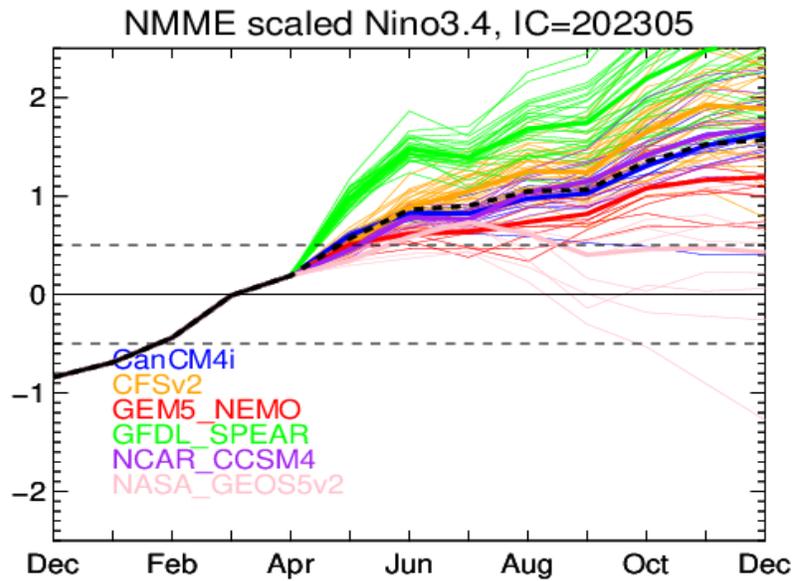


Figura 54. Especies de aguas cálidas reportadas más al sur o norte de su límite de distribución usual, abril 2023. a. *Conodon serrifer* “ofensivo”, b. *Engraulis ringens* “anchoveta”, c. *Lutjanus argentiventris* “pargo”, d. *Opisthonema* sp. “machete de hebra” y e. *Pontinus furcirhinus* “puñal”.

a)



b)

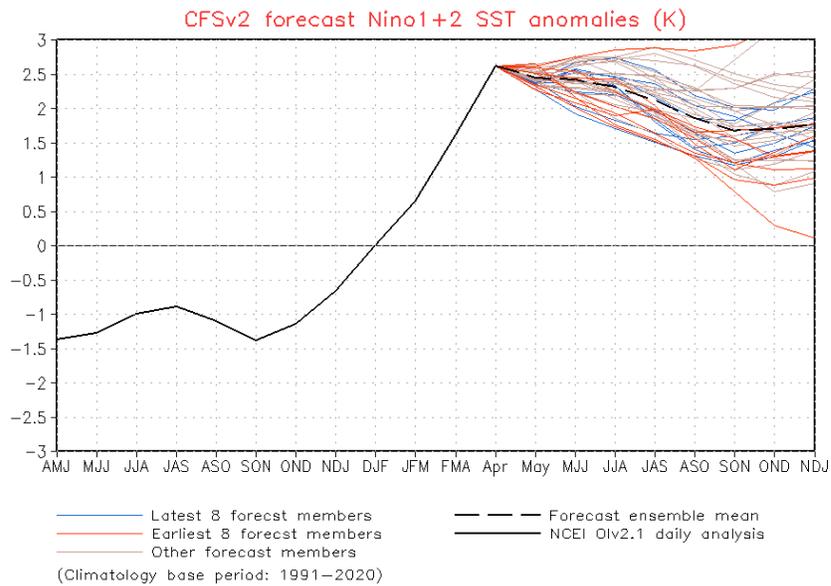
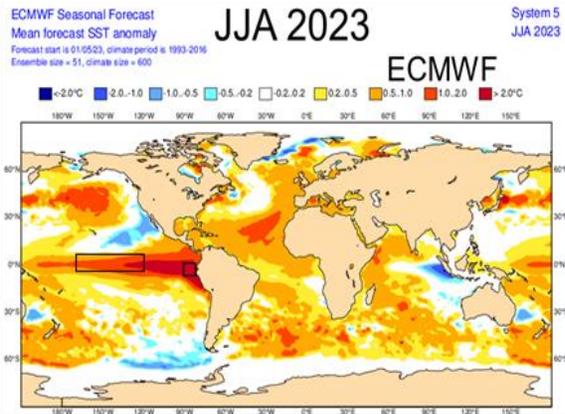


Figura 55. (a) Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos dinámicos del North American Multi-Model Ensemble (NMME) proyect. Promedio de los pronósticos de los modelos dinámicos (línea negra discontinua). Fuente: CPC / IRI / NMME. (b) Pronóstico del índice Niño 1+2 mediante modelos climáticos CFSv2, condiciones iniciales: 29 de abril – 08 de mayo de 2023.

a)



b)

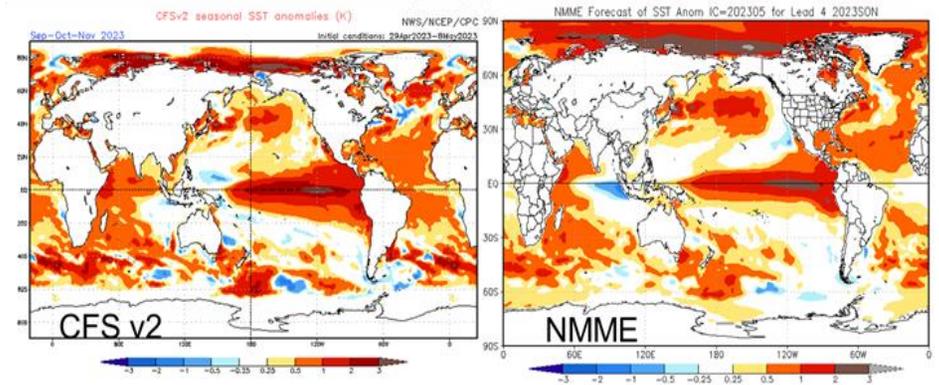
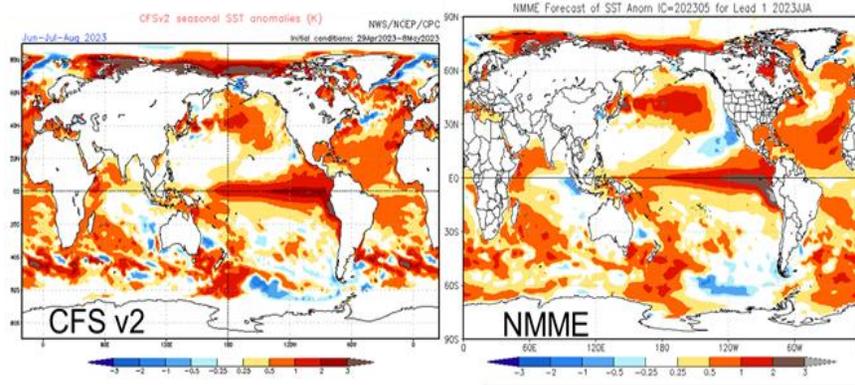
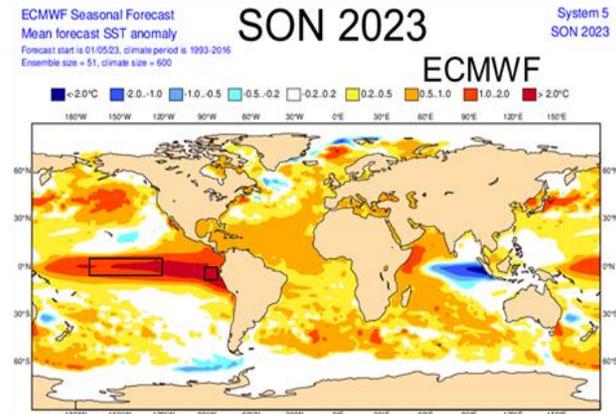


Figura 56. Pronóstico de la TSM para el trimestre JJA (a) y SON (b) 2023 de los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME (condiciones iniciales: inicios en mayo 2023). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: ECMWF, NWS/NCEP/CPC y NOAA/CPC.

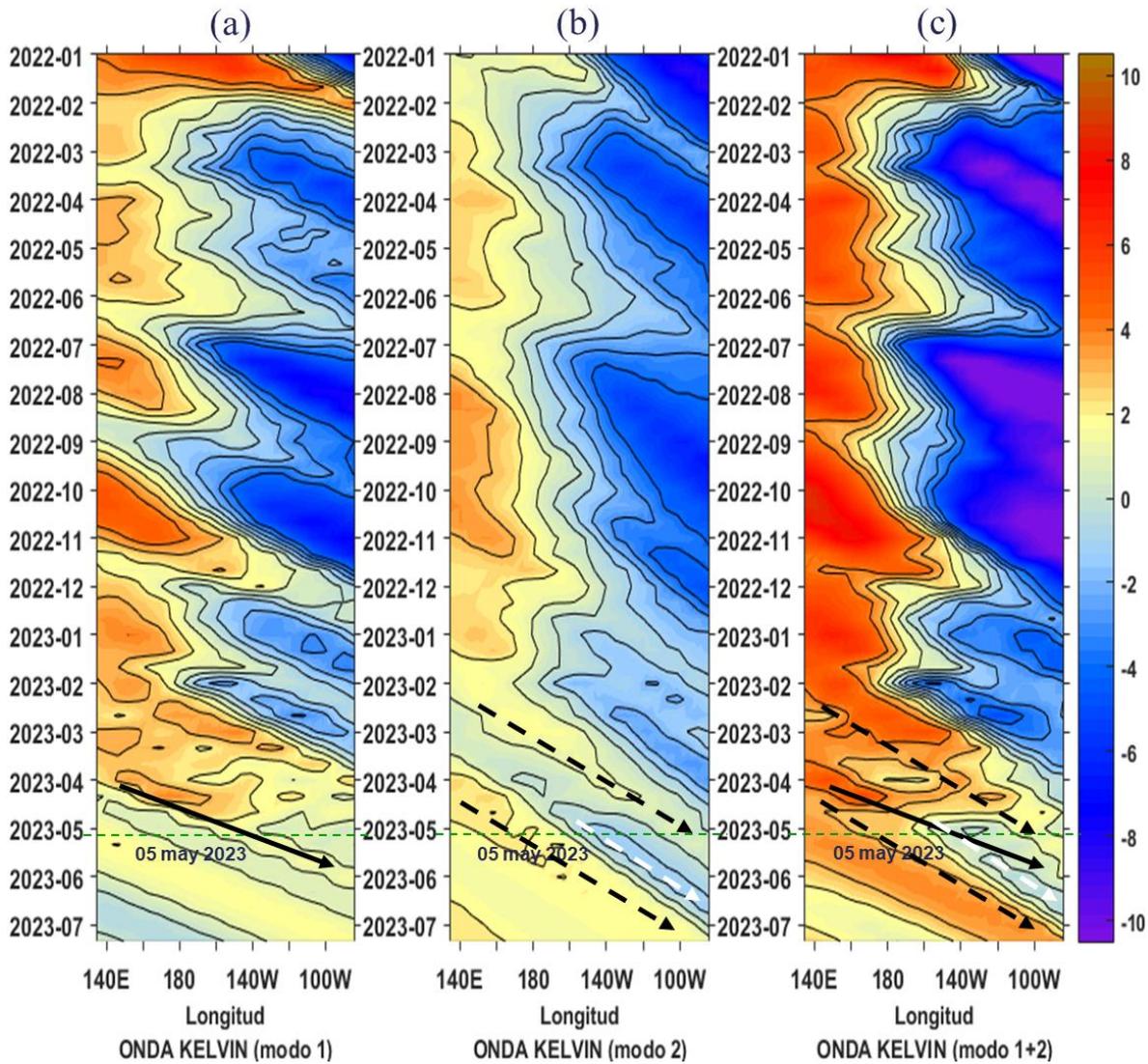


Figura 57. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

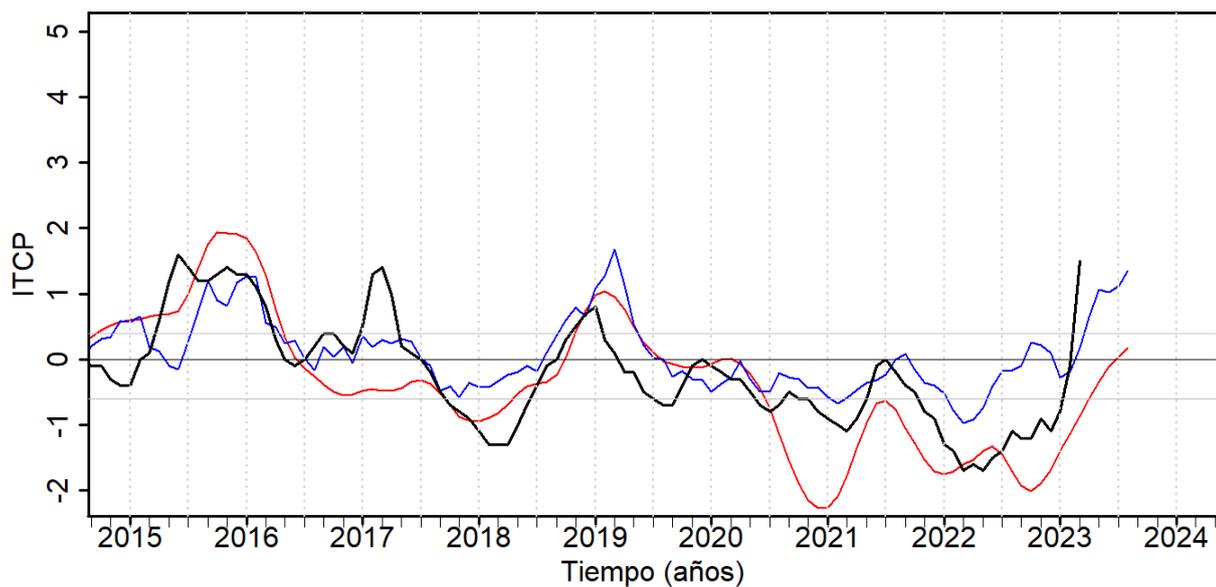


Figura 58. Pronóstico del ITCP (observado en línea negra) mediante dos modelos: un modelo estadístico (línea azul) y un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia (línea roja) con datos actualizados hasta el mes de abril 2023. Fuente: IMARPE.

APENDICE

I. PRESENTACIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) es el principal forzante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico. El ENOS conjuga dos procesos, tanto el oceánico (El Niño, EN) como el atmosférico (Oscilación del Sur) y se expresa mediante una fase cálida (EN) y una fase fría (La Niña, LN). Debido a los diversos efectos e impactos de este proceso en el ecosistema del afloramiento costero peruano, que a su vez repercuten en los sistemas socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

Bajo este contexto, se conformó el Grupo de Trabajo Institucional El Niño del Instituto del Mar del Perú (MARPE), cuya misión es el estudio y monitoreo de las condiciones oceanográficas frente a Perú y de sus efectos ecológicos y biológico-pesqueros. Mensualmente se reporta el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial oriental, poniendo mayor énfasis en la zona costera de Perú. Para estimar y entender los impactos de El Niño y de La Niña en el ecosistema del marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Además, se presentan especies indicadoras de condiciones cálidas y frías registradas durante los monitoreos mensuales de IMARPE y la incidencia de las condiciones oceanográficas en las principales pesquerías. Finalmente, mediante el análisis de los pronósticos de las agencias internacionales y el uso de modelos numéricos implementados en IMARPE, se formula la previsión futura de los principales indicadores climáticos y oceanográficos asociados a El Niño / La Niña, principalmente a corto y mediano plazo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. VARIABLES

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas se resumen en la tabla III.1. La Figura 1 muestra la ubicación de las estaciones oceanográficas fijas y las secciones oceanográficas frente a Paita y a Chicama, que constituyen la plataforma de monitoreo oceanográfico del IMARPE.

Debido al estado de emergencia generada por la pandemia del CODVID 19, algunos monitoreos no se pudieron realizar como en las estaciones costeras (temperatura disponible hasta el 16 de marzo), secciones oceanográficas, monitoreo de nutrientes, fitoplancton, zooplancton y bentos.

Desde agosto 2021, el IMARPE cuenta con información de vehículos submarinos autónomos llamados gliders, denominados “Paracas”, “Nazca”, “Mochica” y “Chimú”. Los sensores del glider pueden registrar variables oceanográficas como: temperatura, salinidad, oxígeno, corrientes y clorofila. El glider hace un recorrido vertical de diente de sierra en el momento de desplazarse y transmite información a través del satélite de tal manera que los datos pueden ser adquiridos en tiempo real. Los cálculos de anomalías se han hecho mediante comparación con la climatología (1981-2010) realizada por Domínguez et al. (2017) y Grados et al., (2018).

2. ÍNDICES

Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (APS): Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILON, ILAT) del APS, se calculan a partir de las anomalías máxima de la presión atmosférica a nivel del mar en la región del Pacífico oriental subtropical y su correspondiente posición longitudinal y latitudinal. Las anomalías se obtienen usando el periodo base 1981-2010. Los índices se determinan aplicando el promedio móvil de tres meses a las series mensuales de intensidad y posición. El IAPS se clasifica en 3 condiciones: débil ($< -1,1$), neutro ($-1,1 - 1,5$) e intenso ($>1,5$), mediante 2 umbrales definidos por los percentiles 20 y 80 de la serie del IAPS. Para los índices de posición ILON e ILAT se usan los percentiles 25 y 75, de tal forma que los valores positivos (negativos) de los índices ILON e ILAT sobre 4,2 y 1,6 respectivamente (debajo -3,9 y -1,1 respectivamente) representa un desplazamiento al este y al norte (al oeste y al sur) del APS con respecto a su posición climatológica. Los datos de presión se obtienen del reanálisis NCEP/NOAA (Kalnay et al., 1996) disponibles desde enero 1948 hasta el presente.

Índice de Afloramiento Costero (IAC): Estima la intensidad del afloramiento o el transporte de masas de agua con referencia a la línea de costa. El IAC se basa en el transporte de Ekman, el cual es calculado, de acuerdo a Bakun (1975), a partir del esfuerzo de viento sobre la superficie y el parámetro de Coriolis. El cálculo final del IAC (Bakun 1975) toma en cuenta el transporte de masa entre la densidad del mar, multiplicado por el coseno de ángulo formado por la diferencia entre el ángulo de costa y la dirección del viento. El ángulo usado para la línea de costa fue de 145° . Existe información de este índice desde enero 2000 hasta la actualidad, tomando en cuenta información satelital de los satélites de vientos de QuickScat y ASCAT.

Datos de Anomalías de Nivel del Mar (ANM) y geostrofia: La información de ANM fue estimada mediante interpolación óptima, sobre datos de nivel 3 (L3), de diferentes altímetros (CMEMS-SL-QUID-008-032-068), usando el período 1993-2012 (Schaeffer et. al, 2016; Pujol et. al, 2016) como climatología de referencia.

Este producto es procesado por el sistema DUACS (Data Unification and Altimeter Combination System), y puesto a disponibilidad por la CMEMS del Programa Copernicus de la Unión Europea de forma diaria y permanente desde 1993 hasta la actualidad. Para la descripción de flujos geostroficados y la detección de remolinos de mesoescala en superficie frente a la costa peruana, se utilizaron datos de altimetría satelital obtenidos del producto CMEMS V3.0. Los remolinos se han evaluado mediante un algoritmo híbrido de identificación (método físico y método geométrico) desarrollado por Halo et al., (2014). Para el nivel de sub-superficie se ha aplicado el método geostrofico para calcular corrientes basada en la estimación de la distribución de la densidad en el océano, a partir de mediciones directas de temperatura y salinidad (Pond & Pickard, 1983).

Por otro lado, tomando en cuenta la base de datos de altimetría disponible se determinó una nueva climatología a partir de la altura del nivel del mar sobre el geoide (ADT) bajo el periodo de 1993-2010, con una frecuencia diaria interpolada de la climatología pentadal utilizando el método de splines cúbicos. Con esta nueva climatología se obtuvieron los datos de ANM, a los cuales se le aplicó el filtro pasa banda de 10 y 120 días con la finalidad de identificar el arribo y propagación de las ondas Kelvin frente a la costa peruana, mediante el uso de diagramas Hövmoller y series de datos con una frecuencia diaria.

Datos e índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM): Las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM), en las regiones Niño, se evaluaron en periodos semanales, mensuales y de tres meses, con datos OISSTv2 que usa interpolación objetiva en su procesamiento, y ERSSTv5 que incorpora mejoras empleando la función de reconstrucción EOT (Empirical Orthogonal Teleconnections); dichas anomalías poseen periodo base de 30 años desde 1991-2020 (CPC-NCEP-NOAA). El Índice Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), representa la media móvil de tres meses de las anomalías de TSM (ERSSTv5) de la región Niño 3.4, con los cuales se determina condiciones cálidas y frías al pasar el umbral de $\pm 0,5$ °C. Las regiones niño del Pacífico ecuatorial se ubican en: Niño 1+2 (0° - 10°S, 90° W - 80°W), Niño 3 (5°N - 5°S, 150°W - 90°W), Niño 3.4 (5°N - 5°S, 170°W - 120°W), Niño 4 (5°N - 5°S, 150°W - 160°E). Los mapas de la TSM y la ATSM (climatología 2007–2016), se generaron en base a datos de OSTIA (UK Met Office, 2012). Las anomalías del contenido de calor en el Pacífico ecuatorial proceden de TAO-TRITON (TAO Project Office, NOAA/PMEL).

Índice térmico Laboratorios Costeros (LABCOS): Refleja la amplitud de la variabilidad de la TSM en el litoral peruano, la cual está asociada a las condiciones climáticas y oceanográficas a lo largo de la costa peruana. Se calcula a partir de promedios mensuales de las ATSM obtenidas de las estaciones costeras Paita, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo del IMARPE, así como la estación costera San Juan de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHNM) desde 1976. Se determina de la media móvil corrida cada tres meses de las anomalías térmicas obtenidas en las estaciones costeras mencionadas. Categorías: LN Fuerte (<-1,31), LN Moderado (-1,31 – -1,10), LN Débil (-1,10 – -0,78), Neutro (-0,78 – 0,27), EN Débil (0,27 – 0,78), EN Moderado (0,78 – 1,37), EN Fuerte (1,37 – 2,77), EN Muy Fuerte (>2,77). Más detalles en Quispe & Vásquez (2015).

Índice Térmico Costero Peruano (ITCP): Indicador del efecto del ENOS y de la circulación marina en la variabilidad térmica del océano costero del Perú caracterizado por el afloramiento costero. Se estima empleando los promedios mensuales de la TSM obtenidos del producto NOAA NCDC OISST v2 para el periodo 1982-2014 (Reynolds et al, 2007). Para ello se toma en cuenta el área de afloramiento, limitado por el máximo gradiente termal zonal del promedio anual de la TSM, seleccionando los puntos de grilla adyacentes a la costa (a 40 Km en promedio).

Se calcula como la media móvil de tres meses de la primera componente principal (CP1) reducida de las anomalías térmicas de la zona costera. Se expresa en unidades de desviación estándar de la CP1. Categorías: LN fría (<-0,6), Neutro (0,4 – -0,6), EN cálido (>-0,4). Mayor información se encuentra en Quispe-Ccalluari et al. (2016).

Índices de la termoclina, oxiclina, y profundidad de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO): Como indicador de la termoclina, definida como la capa con el máximo gradiente de temperatura en la columna de agua, se utiliza a la isoterma de 15 °C. Como indicador de la oxiclina costera, definida como la capa con el máximo gradiente de Oxígeno Disuelto (OD) en la columna de agua, se utiliza a la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹. La ZMO se define como los cuerpos de agua con concentraciones menores a 0,5 mL L⁻¹ y para identificar a que profundidad se ubica, se toma en cuenta su límite superior. Las anomalías de la profundidad de la termoclina y la oxiclina se calculan a partir de la climatología con periodo base 1981-2010 desarrollada por Domínguez, et al. (2017) y Graco et al. (2020, en prensa), respectivamente.

Índices de actividad de mesoescala: Las estructuras de mesoescala se evaluaron con información de altimetría satelital para una región comprendida entre 70°W y 84°W y entre 3°S y 18°S aplicando un algoritmo híbrido de identificación (Halo et al., 2014). A partir de la identificación se calculó el número de remolinos detectados, el radio de los remolinos y la energía cinética de los remolinos.

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, expresado 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.

Olas de Calor Marina (OCM): Una ola de calor marina (OCM) es un evento discreto y prolongado (5 a más días, aunque pueden darse brechas de no más de 2 días) de presencia de agua anómalamente cálida (superior al percentil 90 de los datos diarios históricos) en una zona puntual (Hobday et al., 2016). Se dice que ocurre una OCM sobre una región cuando al menos en alguna parte puntual de dicha región ocurre una OCM.

3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

Bentos: La literatura especializada comprende, para Polychaeta: Fauchald (1977) y Hobson & Banse (1981); Mollusca: Álamo & Valdivieso (1997); Crustacea (macrocrustáceos): Chirichigno (1970), Crustacea (Amphipoda): Barnard & Karaman (1991), Jiménez (2018), entre otros.

Fitoplancton: Para la identificación taxonómica se utilizan los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sounia (1967), Schiller (1971), Sundström (1986), Ochoa & Gómez (1987), Hasle & Syvertsen (1996) y Steidinger & Tangen (1996).

Zooplankton e ictioplankton: Para la determinación de las especies del zooplankton se utilizan principalmente los trabajos de Santander (1967), Santander et al. (1967, 1981), Gómez (1982), Sandoval de Castillo (1997), Carrasco (1989), Aronés (1997), Boltovskoy (1981,1999), Boden (1955), Briton (1962), Veliz (1981) y Quesquén (2005, 2017), mientras que para el ictioplankton se consulta los trabajos de Einarsson & Rojas de Mendiola (1963), Guzmán & Ayón (1995), Sandoval de Castillo (1979), Santander & Sandoval de Castillo (1969, 1971, 1972,1973, 1977, 1979) y Moser (1996).

Peces: La literatura de consulta para la identificación taxonómica comprende Chirichigno & Vélez (1998), Fischer et al. (1995) volúmenes II y III de FAO y para la verificación de la distribución de las especies Chirichigno & Cornejo (2001) y la base de datos FishBase (<https://www.fishbase.de/>).

Depredadores superiores: Para la identificación de presas en la dieta de aves guaneras se utiliza la guía de identificación de García-Godos (2001), para la identificación taxonómica de aves y mamíferos marinos se revisaron las guías de identificación de Reyes (2009), Folkens & Reeves (2002), Schulenberg et al. (2009), Harrison & Peterson (1991).

4. INDICADORES BIOLÓGICOS

Los indicadores biológicos se definen como aquellos organismos altamente sensibles a las condiciones del medio ambiente y que dependen de estas para su migración y cuya densidad disminuye, cuando las condiciones ecológicas han cambiado o cuando su etapa biológica ha terminado (UNESCO, 1981).

Fitoplancton. Para definir los indicadores de masas de agua del fitoplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Rojas de Mendiola et al. (1981), Ochoa et al. (1985), Zuta y Guillén (1970), Antonietti et al. (1993), Ochoa & Gómez (1997) y Gutiérrez et al. (2005).

Además de acuerdo al análisis semicuantitativo del fitoplancton se utiliza la siguiente clasificación para definir la abundancia del fitoplancton de acuerdo a la cantidad de individuos por campo ocular: “Ausente” (0 cél. campo⁻¹), “Presente” (1 a 5 cél. campo⁻¹), “Escaso” (6 a 15 cél. campo⁻¹), “Abundante” (16 a 25 cél. campo⁻¹) y “Muy Abundante” (más de 25 cél. campo⁻¹).

Zooplankton. Para definir los indicadores de masas de agua del zooplankton se tomaron en cuenta los trabajos de Santander & Carrasco (1985), Ayon & Giron (1997), Ayón et al. (1999), Abanto (2001), Arones & Ayón (2002) y Gutiérrez et al. (2005).

Peces: Para especies indicadores de la actividad pesquera se analiza información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Esta información es contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada de Chirichigno & Cornejo (2001), Moscoso (2012) y bases de datos como FishBase. En algunas ocasiones se reportan especies de otros grupos biológicos, en esos casos se utiliza literatura especializada como la de Moscoso (2012).

Depredadores superiores. Las aves, mamíferos y tortugas marinas son indicadores del ecosistema y expresan cambios ocurridos a diferentes niveles tróficos por lo que son utilizados como indicadores indirectos en los cambios en la distribución y disponibilidad de sus presas, así como cambios en el medio marino.

Para evidenciar esta información se utilizó bibliografía especializada de Murphy (1936), Jordán & Fuentes (1966), Tovar et al. (1984, 1987, 1988), Crawford (1987), Cairns (1987), Vanstreet (2011), Trigo (2011), Quiñones et al. (2010), Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981).

5. MODELOS DE PRONÓSTICO

Modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS de las agencias internacionales: Para el pronóstico de las series de tiempo en la región Niño 3.4, el *International Research Institute for Climate and Society* en colaboración con NOAA *Climate Prediction Center* (CPC) compila mensualmente los pronósticos de 26 modelos de agencias internacionales: 18 modelos dinámicos y 8 modelos estadísticos que pronostican los valores de la serie de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (120° E – 170° W, 5° N – 5° S) con un horizonte de pronóstico entre 4 y 9 meses de anticipación (IRI, marzo 2020). Por otro lado, para el pronóstico espacial de las anomalías de la TSM, de manera trimestral, se presentan tres de los modelos dinámicos a escala global: ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model), CFSv2 (Coupled Forecast System model de la NOAA) y NMME (North American Multi-Model Ensemble model de la NOAA).

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia: Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), implementado en IMARPE, siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de la OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

Modelos de pronóstico para el ITCP: Se emplean dos metodologías implementadas en IMARPE para pronosticar la serie de tiempo del ITCP con un horizonte de 4 meses de anticipación. Las metodologías consisten en (1) un modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y el índice del APS siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y (2) un modelo basado en las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017).

Tabla II.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

VARIABLE	FUENTE														PERIODO		FRECUENCIA	REFERENCIA	AREA RESPONSABLE	OBSERVACIONES									
	Observaciones <i>in situ</i>							Satélite/Reanálisis																					
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceiros	Boyas ARGO	Boyas TAO/TRITON	Glider	Programa Bitácoras de Pesca (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de Islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	ESRL/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS					SeaWiFS + MODIS	MODIS + VIIRS	GFS	MERCATOR Ocean	Operatividad	Climatología			
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																													
Condiciones Atmosféricas	Radiación de Onda Larga											X										1974-Actual	1981-2010	mensual	www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html	LMOECC/AFIO/DGIOCC	- Resolución: 2.5 °		
	Presión Atmosférica											X											1948-Actual	1981-2010	Diario	Kalnay et al. (1996)		- Resolución: 2,5°x2,5°	
	Vientos												X										1948-Actual	1981-2010	Diario	Kalnay et al. (1996)		- Resolución: 2,5°x2,5°	
														X									2000-Actual	2000-2014	Pentadal/mensual	Chelton et al. (2006) Bentamy et al. (2009)	LCSR/LHFM/AFIO/DGIOCC	- Resolución: 0,25°	
	Fracción de nube																		X				1970-Actual	2000-2014	Diaria	https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html		- Resolución: 0,5°	
																						2002-Actual	2002-2016	Diaria	https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/MOD06_L2/atbd.html http://www.globcolour.info/CDR_Docs/GlobCOLOUR_PUG.pdf		- Resolución: 4 km		
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																													
Condiciones Oceanográficas Físicas	Temperatura del Mar	X																				1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual	(Grados & Vásquez, en prep.)	LHFM/AFIO/DGIOCC	- Paita desde 1963		
			X																				1960-Actual	1981-2010	mensual		Domínguez et al (2017)	- Callao desde 1970	
				X																			2015-Actual	1993-2010	quincenal		Anculle et al (2015)	- Pisco desde 1976	
					X																		1960-Actual	1991-2020	variable		Domínguez et al (2023)	*Las estaciones fijas se dan en el marco del PPR-068 de IMARPE. (Figura 1)	
						X																		1998-Actual	1981-2010		variable		- Anomalías en base a climatología de IMARPE.
							X																	1977-Actual			Diaria	www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/	
	Nivel del Mar						X																2006-Actual	2007-2016	Diaria		Donlon et al. (2012)		- Resolución: 0,054°
															X								Ago-2021	1981-2010	Diaria		Domínguez et al (2017)		
	Salinidad		X																				1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual		(Grados & Vásquez, en prep.)		- Resolución: 0,25°
				X																				2015-Actual	1981-2010		mensual	Domínguez et al (2017)	
				X																			2015-Actual	1993-2010	quincenal	Anculle et al (2015)			
					X																		1960-Actual	1981-2010	variable	Domínguez et al (2017)			
						X																	1998-Actual	1998-2010	variable				
																				X			1993-Actual	1993-2015	Diaria	Lellouche, J.-M. et al. (2013)		- Resolución: 0,083°	
Corrientes Marinas		X																				Ago-2021	1981-2010	Diaria	Domínguez et al (2017)				
																						1960-Actual		mensual					

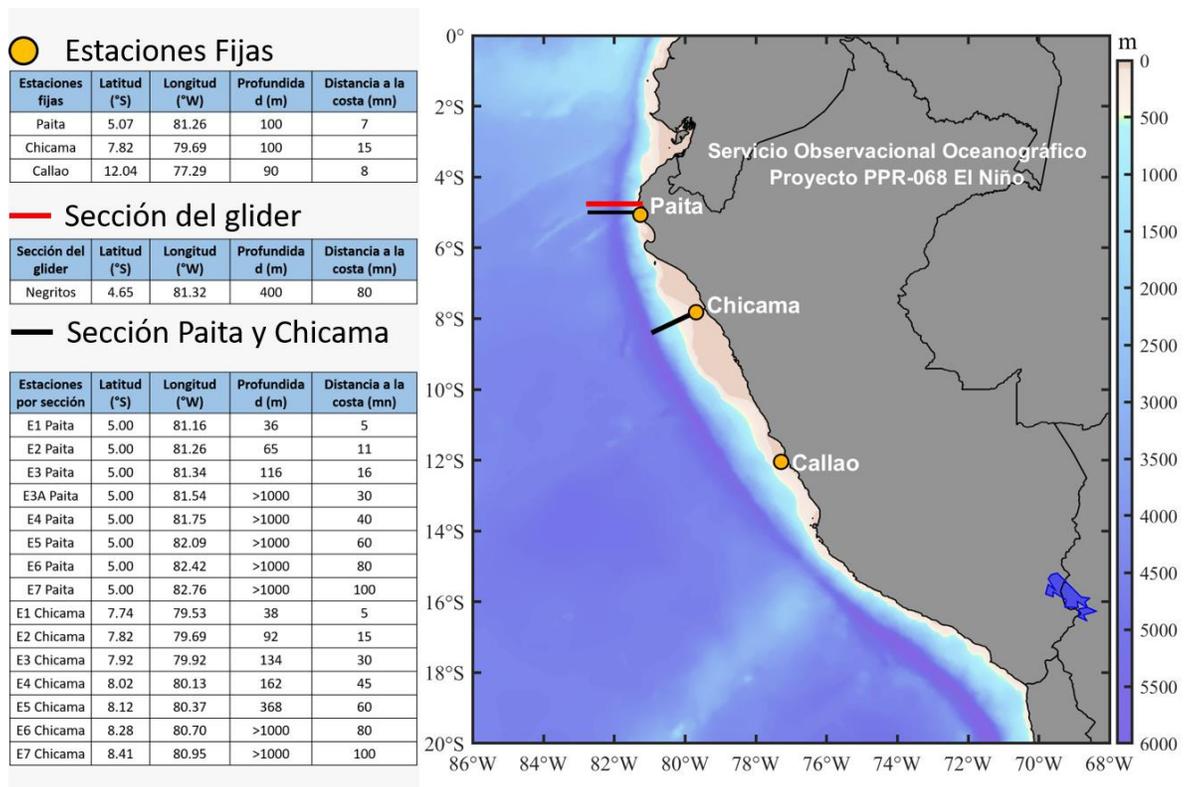


Figura II.1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas, secciones verticales de Paita y Chicama, y sección del glider sobre la batimetría con ETOPO2.

III. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHR SST) Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0 data were obtained from the NASA EOSDIS Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) at the Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA (<http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ01>).

IFREMER/CERSAT. 2005. ERS-1 Level 3 Gridded Mean Wind Fields (IFREMER). Ver.1.PO.DAAC, CA, USA
(<ftp://anonymous@ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-ers1>).

The Ssalto/Duacs altimeter products were produced and distributed by the Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS) (<http://www.marine.copernicus.eu>).

The products from the MERCATOR OCEAN system are distributed through the Marine Copernicus Service (<http://www.marine.copernicus.eu>).

IV. REFERENCIAS

- Abanto, M.R. 2001. Composición, distribución y abundancia de copépodos planctónicos marinos en la costa Norte - Centro (03°30' S - 14°00'S) frente al litoral peruano entre los años 1980 y 1989. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Universidad de Lima.
- Alamo, V. & V. Valdivieso. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú- Callao. Volumen Extraordinario: 205 pp.
- Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chávez, 2015. Anomalías del perfil vertical de temperatura del punto fijo Paita como indicador de la propagación de ondas Kelvin. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1- 4, pp.: 8-10.
- Antonietti E., P. Villanueva, E. Delgado, & F. Chang. 1993. Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-92. Boletín ERFEN (N° 32-33): 20-24.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15th Edition, USA.
- Aronés, K.J. 1997. Distribución horizontal de los amphipodos (Crustacea) en el mar peruano durante el fenómeno "El Niño", verano de 1983. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Aronés, K. & Ayón, P. 2002. Effects of El Niño 1997-1998 on copepods community structure at San Jose Coastal Station (Peru). In: Salinas, S., Urban, H., Arntz, W. (Eds), Workshop impacts of El Niño and Basin scales climate changes on Ecosystems and Living Marine Resources: A comparison between the California and the Humboldt Current systems. Investigaciones Marinas, Chile, pp 104-105.
- Ayón, P. & Girón, M., 1997. Composición y distribución del zooplancton e ictioplancton frente a la costa peruana durante febrero a abril 1997. Informe del Instituto del Mar del Perú 127, 49-55.
- Ayón, P., Aronés, K. & Zarate, M., 1999. Variaciones en el comportamiento del copépodo calanoideo *Centropages brachiatus* (Dana, 1849), frente a la costa peruana durante el evento El Niño 97-98. In: Tresierra, A, Culquichicon, Z., (Eds), VIII Congreso Latinoamericano sobre ciencias del Mar. 1999, Trujillo-Perú, pp 730-731.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North América, 1967-73. U.S. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRS-693: 113p.
- Barnard, J. & L. Karaman, G. S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 1. Records of the Australian Museum, Supplement. 13 (1): 1-417.
- Bentamy, A., D. Croize-Fillon, P. Queffeulou, C. Liu y H. Roquet (2009), Evaluation of high-resolution surface wind products at global and regional scales, J. Ocean. Operational, 2 (2), 15-27.
- Boden B.P, Johnson M.W & Brinton E. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, Vol. 6, N° 8. pp. 282-394.
- Boletín Semanal Oceanográfico y Biológico-Pesquero [en línea]. Callao, Instituto del Mar del Perú. Año 7, N°47, 25 de noviembre de 2022
http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0178020400000000000000.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Argentina.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 2:869-1706.
- Bouchon M., Ñiquen M., Arias Shreiber M., Bello R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú N° 74: 44 p.
- Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 157: 38pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 8 (2): 51-270.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 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.

- Cairns, D. 1987. Seabird as indicators of marine food supplies. Biological oceanography. 5: 261-271
- Carrasco S. 1989. Anfípodos planctónicos del área comprendida entre Paita y norte de Chimbote. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Castillo, R.; Gutierrez, M.; Peralta, S.; Ganoza, F. 2009. Distribución y biomasa de algunos recursos pelágicos peruanos en primavera 2003. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 36, Números 1-2. p: 45-51.
- Chelton D.B., M.H. Freilich, J.M. Sienkiewicz & J.M. Von Ahn. 2006. On the use of QuikSCAT scatterometer measurements of surface winds for marine weather prediction. Monthly Weather Review. 134 (8): 2055–2071.
- Chirichigno, N. 1970. Lista de crustáceos del Perú. Boletín IMARPE, Lima, Perú. 70 pp.
- Chirichigno N. & Vélez J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Publicación Especial, Callao, 500 p.
- Chirichigno N. & Cornejo R.M. 2001. Catálogo Comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf. Inst. Mar Perú. 314 pp.
- Crawford, R.J.M. 1987. Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and herring mackerel. En: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds). The Benguela and comparable ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci. 5:735 -757.
- Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1-237.
- Dewitte B, Gushchina D, duPenhoat Y, Lakeev S. 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., 29(14), 1666, 10.1029/2001GL014452.
- Dioses T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Inst. Mar Perú. Inf. Progresivo 3. pp. 55.
- Dioses T. 2013. Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 067- 074 (Septiembre 2013).
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. (2023). Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. Inf Inst Mar Perú, 50(1), 19-35
- Donlon, C. J, M. Martin, J. Stark, J. Roberts-Jones, E. Fiedler, W. Wimmer, 2012. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system. Remote Sen. Env., 116, 140-158.
- Einarsson, H. & B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar. 1(1):1-23.
- Elliott W., Paredes F., Bustamante M. (1995). Biología y Pesquería de tiburones de las Islas Lobos, Perú. Inf. Prog. Inst. Mar Perú (N°16).
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa peruana. Nota Técnica ENFEN, 9 abril 2012, 3 pp.
- Espinoza-Morriberon D., Echevin V., Colas F., Tam J., Ledesma J., Graco M., Vásquez L. 2017. Impact of the El Niño event on the productivity of the Peruvian Coastal Upwelling System. Journal Geophysical Research Oceans, 122 (7): 5423–5444, doi:10.1002/2016JC012439
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles, CA (USA), Science Series. 28:1-188.
- Fischer W., F. Krupp, W. Scheneider, et al. (eds.). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III. 1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. Guide to marine mammals of the world. National Audubon Society, New York.

- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (eds) 2020. *ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES*. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 08 julio 2020.
- García- Godos, A. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 20 (1-2). 83 pp.
- Gómez, O. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos de la costa peruana. Tesis de licenciatura, Facultad de biología. UNMSM. Perú.
- Graco M., Anculle, T., Chaigneau A., Ledesma J., Flores G., Morón, O., Monetti F. & D. Gutiérrez. 2020. Variabilidad espacial y temporal del oxígeno disuelto y de la ZMO en el sistema de afloramiento frente a Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú, Volumen Especial*. En prensa.
- Grupo Trabajo Institucional El Niño (GTI-EN). 2021. Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras febrero 2021. [en línea]. Callao, Instituto del mar del Perú. Julio 2021.
- Gushchina D, Dewitte B, Petrossiants M A. 2000. A coupled ocean-atmosphere model of tropical Pacific: The forecast of the 1997-1998 El Niño Southern Oscillation. *Izvestiya atmospheric and oceanic physics*. 36(5): 533-554.
- Gutiérrez D., K. Aronés, F. Chang, L. Quipúzcoa & P. Villanueva .2005. Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. *Bol. Instituto Mar del Perú-Callao, Vol. 22 / N°. 1 y 2*.
- Guzmán, S. & P. Ayón. 1995. Larvas de peces del área norte del mar peruano. *Inf. Inst. Mar Perú*. 109:1-48.
- Halo, I., B. Backeberg, P. Penven, I. Ansorge, C. Reason & J. E. Ullgren. 2014. Eddy properties in the Mozambique Channel: A comparison between observations and two numerical ocean circulation models, *Deep Sea Res., Part II*, 100, 38– 53, doi:10.1016/j.dsr2.2013.10.015.
- Harrison, P. & Peterson, R. 1991. *Seabirds: An Identification Guide: A Complete Guide to the Seabirds of the World*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Hasle G. & Syvertsen E. E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). *Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.
- Hendey, N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery Investigations, Series 4. Her Majesty's Stationery Office, London, 317 pp.
- Hobday, A.J., Alexander, L.V., Perkins, S.E., Smale, D.A., Straub, S.C., Oliver, E.C.J., Benthuyssen, J.A., Burrows, M.T., Donat, M.G., Feng, M., Holbrook, N.J., Moore, P.J., Scannell, H.A., Sen Gupta, A., Wernberg, T., 2016. A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Prog. Oceanogr.* 141, 227–238.
- Hobson, K.D. & Banse, K. 1981. Sedentary and archannelid polychaetes of British Columbia and Washington. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 209, 1–144.
- Holthuis, L.B. 1991. *FAO species catalogue. Vol. 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date*. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 13. Rome, FAO. 292 p.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) *Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- Illig S, Dewitte B, Ayoub N, duPenhoat Y, Reverdin G, De Mey P, Bonjean F, Lagerloef G S E. 2004. Interannual long equatorial waves in the Tropical Atlantic from a high resolution OGCM experiment in 1981-2000, *J. Geophys. Res.* 109 (C2): C02022.
- Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico-Pesqueras. [en línea]. Instituto del Mar del Perú (ICOBP). 2021.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1923492/Informe_GTI_febrero_2021.pdf]

- Jhancke J. & L. Paz-Soldán. 1998. Biología reproductiva de las aves guaneras y sus relaciones con la disponibilidad de anchoveta. Boletín de IMARPE. Vol. 17 (1 y 2): 55 – 66.
- Jiménez A., R. Marquina & L. Quipúzcoa. 2018. Anfípodos bentónicos (Amphilocheida y Senticaudata) en el centro norte de la plataforma continental del Perú. Revista peruana de biología 25(4): 371 – 406. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i4.15531>
- Jordán, R. & Fuentes, H. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Inf. Inst. Mar Perú 10: 1- 31.
- 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, & D. Joseph. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471.
- Lellouche, J.-M., Le Galloudec, O., Drévilion, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., Ferry, N., Desportes, C., Testut, C.-E., Bricaud, C., Bourdallé-Badie, R., Tranchant, B., Benkiran, M., Drillet, Y., Daudin, A., and De Nicola, C. 2013. Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, Ocean Sci., 9, 57-81.
- Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú 27(1-2), 2012, 209 p.
- Moser, H. 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas N°33: 1505 pp.
- Matellini B, Tam J, Quispe C. 2007. Modelo empírico para previsión de la temperatura superficial del mar peruano. Rev. peru. biol. 14: 101-108.
- Majluf, P. & Trillmich, F. 1981. Distribution and abundance of sea lions (*Otaria byronia*) and fur seal (*Arctocephalus australis*) in Peru. Saugetierkunde 46, 384 – 393.
- Murphy, RC. 1936. Oceanic bird of South America. America Museum of Natural History. New York. 1245 pp.
- Ñiquen M., Bouchon M., Cahuin., Díaz E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950-1999. Bol.Inst. Mar Perú: 117-123.
- Ocean Biology Processing Group. 2003. MODIS Aqua Level 3 Global Daily Mapped 4 km Chlorophyll a. Ver. 6. PO. DAAC, CA, USA. Dataset accessed [20YY-MM-DD].
- Ochoa, N., B. Rojas de Mendiola & O. Gómez. 1985. Identificación del fenómeno El Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. In El Niño, su impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. extraordinario.
- Ochoa N. & Gómez O. 1987. Dinoflagellates as indicators of water masses during El Niño, 1982-1983. Journal of Geophysical Research, Vol. 92, N° C13, 14,355-14,367 pp.
- Ochoa N. & O. Gómez. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Boletín Instituto del Mar del Perú, vol. 16, n.º 2, pp. 1 – 60.
- Pond, S. & Pickard, G.L. 1983. Introductory dynamical oceanography. 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford.
- Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., & Picot, N. 2016. DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years, Ocean Sci., 12, 1067-1090, doi:10.5194/os-12-1067-2016.
- Quesquén, R. 2005. Moluscos holoplanctónicos heterópoda y pterópoda colectados en noviembre y diciembre de 1996 en el mar peruano. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Quesquén, R. 2017. Moluscos gasterópodos holoplanctónicos en el mar peruano recolectados entre 1994 y 2005. Boletín IMARPE: 32(2).
- Quispe, J. & L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C & J Ramos. 2017. Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y

el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Inf Int. Mar Perú*, 44(1): 28-34.

- Quispe-Ccalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, A. Chamorro, D. Espinoza-Morriberón, C. Romero, N. Dominguez, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2018: An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. *Int. J. Climatol.*:1-11. <https://doi.org/10.1002/joc.5493>.
- Quiñones, J., González Carman, V., Zeballos, J., Purca, S., y Mianza, H. 2010. Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging ground. *Hydrobiología*, 645(1), 69 -79.
- Quiñones J, 2018. Los Niños, Los Viejos, Las Medusas y su interacción con las pesquerías en el ecosistema norte de la Corriente de Humboldt, análisis de la medusa Scyphozoa *Chrysaora plocamia*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Tesis de Doctorado. 208 pp.
- Reyes J.C. 2009. Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú. Una Fuente de Información. Squema-Ediciones. Lima. 159 pp.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, & M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate*, 20, 5473–5496, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00293.1>
- Rojas de Mendiola B., Ochoa N. & Gómez O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua – Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO:54-73 p.
- Samamé M. 1993. Algunos aspectos de la biología y pesquería del bonito *Sarda chiliensis chiliensis* de la costa norte del Perú. Pag. 261-272. En: E. Castillo de Marrueda (Ed.) Memoria X CONABIOL, 02-07 agosto 1992. Lima-Perú.
- Sánchez S. & E. Delgado. 2001. Programa de Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico en los bancos naturales y zonas de cultivo de mariscos de importancia económica de la costa peruana. V Taller de Floración de Algas Nocivas (FAN). Uruguay 15-18 octubre del 2001.
- Sandoval de Castillo, O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. *Inf. Inst. Mar Perú-Callao* N° 63: 61 p.
- Santander, H. 1967. Los euphausidos en la zona de Callao-Chimbote y la composición general del zooplancton en agosto de 1961. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UNMSM. Perú.
- Santander, H. & Carrasco, S. 1985. Cambios en el zooplancton durante El Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. In: Aguilar AET (ed) I Congreso Nacional de Biología Pesquera, Trujillo, 201-206 pp.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, *Merluccius gayi* (guichenot) en la costa peruana. *Bol. Inst.Mar Peru-Callao*. 2 (3):80-126.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. *Inst.Mar Peru-Callao*. 36:23p.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus peruanus* (jordan y hubbs) en la costa peruana. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao*. N° 103:1-10.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1973. Estudios sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta. *Inf. Inst. Mar Perú. Callao* 41:1-3.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (J) en la costa peruana en los años 1966-1973. *Bol. Inst. Mar Perú*. 3(3): 73-94.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1979. El ictioplancton de la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú*. 4(3): 69-112.
- Santander H., Luyo, G., Carrasco, S., Veliz, M. & Sandoval, O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano, primera parte: Área Pisco-San Juan. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. 6:1-75.

- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot. 2016. The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, http://meetings.avis.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres_OSTST2016_MSS_CNES_CLS2015_V1_16h55.pdf(last access 2017/01/10)
- Schiller J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- Schneider, W., Fuenzalida, R., Rodríguez-Rubio, E., Garcés-Vargas, J., Bravo, L., 2003. Characteristics and formation of eastern South Pacific Intermediate Water. *Geophys. Res. Lett.* 30 (11), 1581. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL017086>.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'neil, J. & Parker, T. 2009. Aves del Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Lima, Perú.
- Sournia A. 1967. Le genre Ceratium (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. *Vie et Milieu.* 18 (2A-A): 375-580 pp.
- Steidinger K. & Tangen K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates.* Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- Sundström B. 1986. The marine diatom genus Rhizosolenia. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- Tomas C. 1993. *Marine Phytoplankton: A guide to naked flagellates and coccolithophorids.* Academic Press, Inc. California-USA; Balech, 1988. *Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental.*
- Tovar S. H & N. Galarza. 1984. Cambios en el régimen alimentario del Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson)). *Boletín de Lima*, no. 35: 85-91.
- Tovar, S.H., V. Guillén & M.E. Nakama. 1987. Monthly population size of three guano bird species off Peru, 1953 to 1982. In *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change* (Daniel Pauly and Isabel Tsukayama, Eds.). Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. *ICLARM Studies and Reviews*, 15: 208-218.
- Tovar, S.H., D. Cabrera & V. Guillén. 1988. Predación de Piquero (*Sula variegata*: Aves Sulidae) sobre peces en el litoral peruano. In *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Horst Salzwedel and Antonio Landa, Eds.). *Boletín Instituto del Mar del Perú [Callao]*, Volúmen Extraordinario, pp. 329-333.
- Trenberth, K. 1997. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (12): 2771 – 2777.
- Trigo, F. 2011. *Patología sistémica veterinaria.* 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. Pinniped population, Eastern north Pacific: status, tren and issues. Stone, Goebles y Webster (Eds): 31 – 39. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Boston.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. *Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar.* Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Peru, Callao 11.
- Vanstreet, R.E., Adornes, A.C., Cabana, A.L., Neymeyer, C., Kolesnikovas, CKM., Dantas, G.P.M., Araujo, J., Catão-Dias, J.L., Gronch, K.R., Silva, L.A., Reisfeld, R.C., Bradaõ, M.L., Xavier, M.O., Viera, O.A.G., Serafini, P.P., Baldassin, P., Canabarro, P.L., Hurtado, R.F., Silva-Fiho, R.P., Campos, S.D.E., Ruoppolo, V. 2011. *Manual de campo para a colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins de Magalhães (Spheniscus megallenicus).* São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.
- Vargas N. & J. Mendo. 2010. Relación entre la distribución espacial de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg) y la extensión sur de la Corriente de Cromwell. *Inf. Inst Mar Perú* 37(3-4): 85-94.

- Vazzoler A E.1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.
- Véliz, M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: Memorias del Seminario sobre indicadores planctónicos del plancton. IMARPE. Callao-Perú, 8-11 setiembre 1980. UNESCO. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo-Uruguay.
- Wolter, K., and M.S. Timlin, 1993: Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57.
- Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú (2): 157-324.