



DIHIDRONAV

DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



MONITOREO DEL FENÓMENO EL NIÑO ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO ENFEN

INFORME TÉCNICO COMPONENTE OCEANOGRÁFICA

DICIEMBRE 2021



1. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL

1.1. TEMPERATURA SUPERFICIAL

En el Pacífico ecuatorial, respecto al mes de noviembre, se mantuvieron las condiciones de fin de mes, registrándose un nuevo enfriamiento para los últimos días de diciembre sobre la región central, disminuyendo hasta en 1°C al este de los 150°W. Por otra parte, en la región oriental se mantuvieron intensas anomalías negativas de un valor de hasta -2°C, registrándose el avance de las condiciones frías durante noviembre hacia el extremo oriental durante diciembre. Por el contrario, al oeste de los 170°W se observó un ligero calentamiento superficial, normalizándose las condiciones frías de la primera quincena del mes (Figura 1.1.1 a y Figura 1.1.1 b).

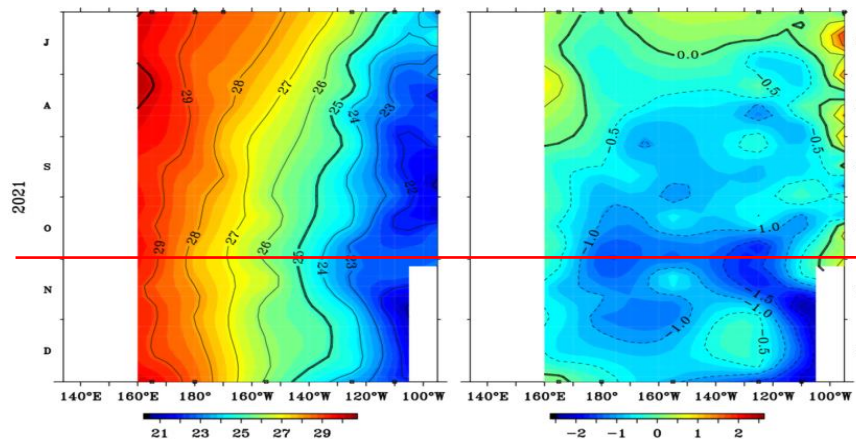


Figura 1.1.1 Diagrama de longitud-tiempo de la a) temperatura superficial del mar y la b) anomalía de la temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial entre 02° N y 02° S de los últimos seis meses. Fuente: Boyas TAO - NOAA.

Por regiones Niño, siguen predominando las anomalías negativas y manteniendo una intensificación sostenida en todas las regiones Niño, llegando a una condición fría fuerte durante diciembre. Las anomalías semanales fluctuaron durante el mes de diciembre de -0.4°C a -1.0°C, en Niño 4; de -0.9°C a -1.1°C en Niño 3.4; en Niño 3 de -1.2°C a -1.4°C y de -0.9°C a -1.7°C en Niño 1+2. Como promedio mensual en la región Niño 3.4 la anomalía fue de -1.1; mientras que, en la región Niño 1+2 de -1.6°C (Figura 1.1.2).

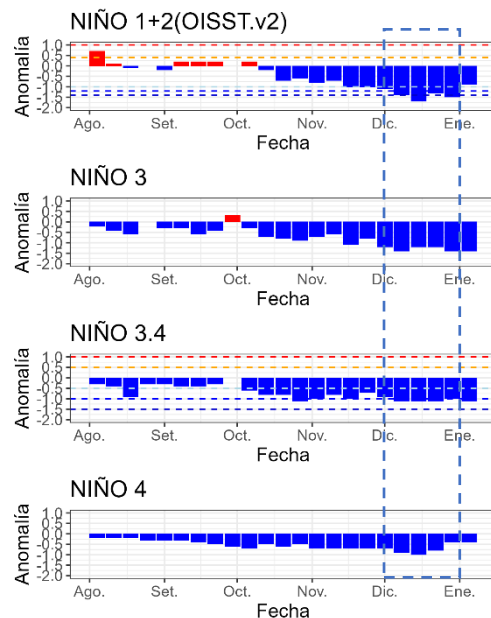


Figura 1.1.2 Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, de agosto 2021 a diciembre 2021. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA. Gráfico: DIHIDRONAV.

En el Pacífico ecuatorial oriental se registró un incremento de las anomalías negativas de temperatura, al este de los 110°W, intensificándose esta tendencia y expandiéndose hacia el extremo oriental. Asimismo, continuaron debilitándose las anomalías en la región occidental; aunque, permaneciendo todavía ligeramente por debajo de lo normal. Mientras que, en la región central, se mantuvo una anomalía ligeramente negativa y similar al mes de noviembre. Por otro lado, en el extremo oriental se presentaron anomalías ligeramente por debajo del patrón normal, con el desarrollo de algunos pequeños núcleos fríos debido a la influencia de las condiciones próximas en la región oriental (Figura 1.1.3).

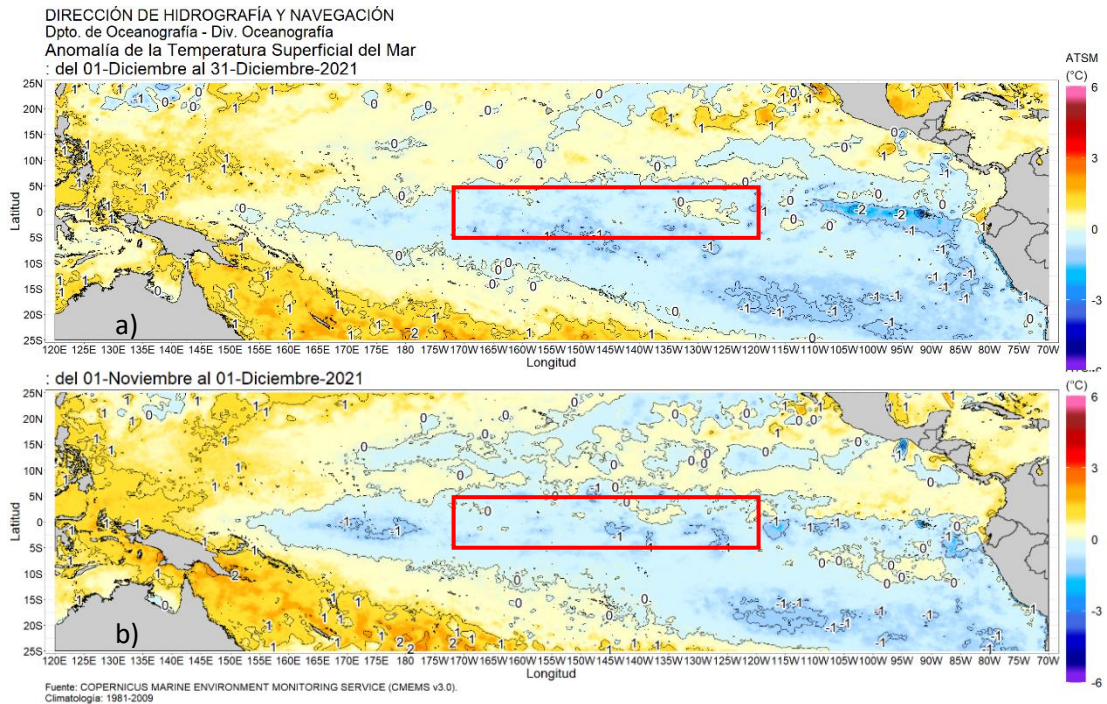


Figura 1.1.3 Promedio mensual de la anomalía de la temperatura superficial del mar de a) noviembre de 2021 y b) octubre de 2021. Fuente: OSTIA, Gráfico: DIHIDRONAV.

1.2. INDICE OCEÁNICO EL NIÑO (ONI)

El índice ONI (Oceanic Niño Index) del Pacífico central (Niño 3.4) mostró un retorno del evento La Niña en la región central de Pacífico ecuatorial para octubre de 2021, cumpliéndose una continuidad de 3 meses con un valor por debajo del patrón normal, con un valor de -0.8 para octubre. Manteniéndose la tendencia al enfriamiento y alcanzando un valor de -1 para noviembre, ubicándose en el límite entre una condición fría débil y fría moderada (Figura 1.2.1).

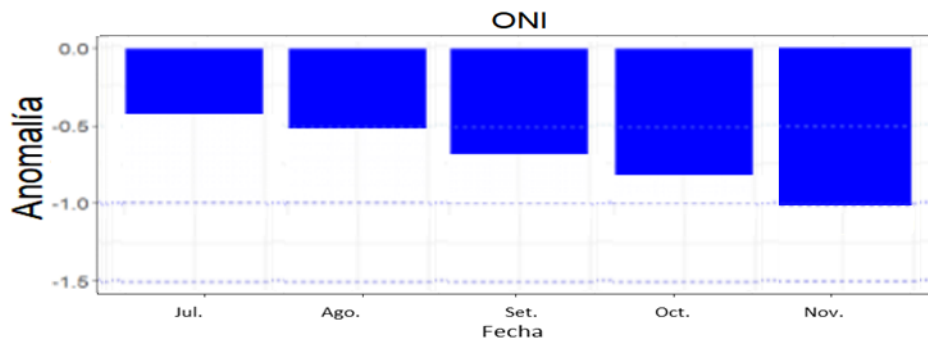


Figura 1.2.1 Serie del ONI, de los último seis meses. Fuente: NCEP/NOAA. Gráfico: DIHIDRONAV.

1.3. TEMPERATURA SUB-SUPERFICIAL

En el Pacífico ecuatorial, se registró una elevación de la termoclina en la región oriental, al este de los 140°W, durante el mes de diciembre de 2021; mientras que, al oeste de los 170°W se registró una profundización de la misma, provocando un calentamiento subsuperficial entre los 100 y 250m de profundidad. Se dio un incremento del gradiente térmico, debido al repliegue de las isotermas sobre la región central y oriental por el desarrollo de un núcleo negativo sobre los 150m de profundidad de hasta - 5°C durante la segunda quincena del mes. Por otro lado, en la región occidental se continuó desarrollando un intenso núcleo de anomalía positiva, provocando una profundización de la termoclina, generando esto anomalías de hasta +4°C durante el transcurso del mes (Figura 1.3.1).

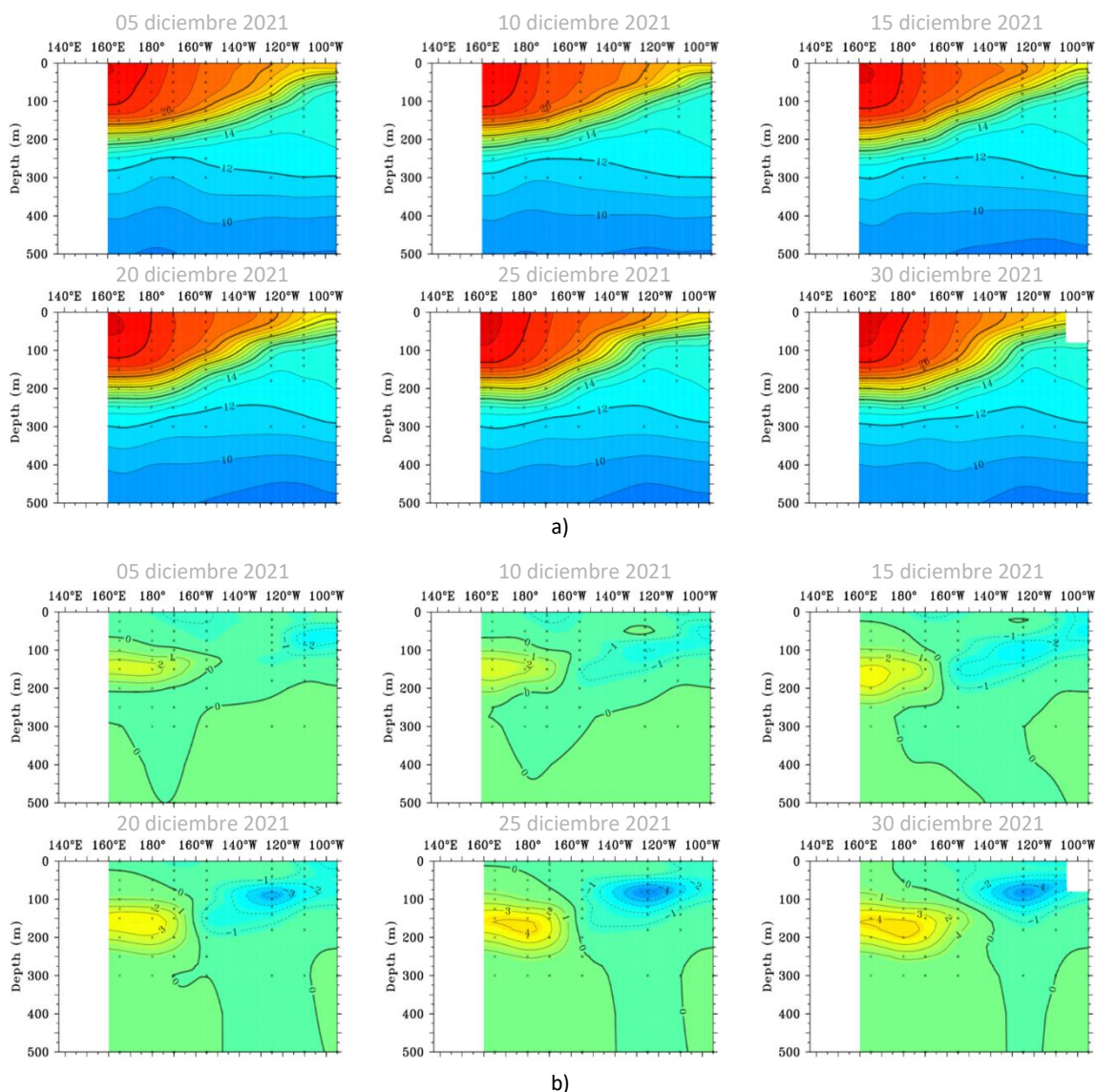


Figura 1.3.1. Sección transversal en el Pacífico ecuatorial entre los 2°N y 2°S, promedio de cinco días, finalizando los días 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de diciembre 2021 de la a) temperatura subsuperficial del mar (°C) y b) anomalía de la temperatura subsuperficial del mar (°C). Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

En el Pacífico ecuatorial la isoterma de 20°C presentó una elevación al este de los 160°W para inicios de diciembre, desarrollándose hacia la región oriental; así como, una condición más profunda durante todo el mes al oeste de los 160°W, alcanzando hasta los 30m de anomalía. En el Pacífico central y oriental, entre los 140°W-100°W se alcanzó una elevación anómala de hasta 35m, cuya propagación se inició desde inicios de noviembre en el Pacífico occidental; por lo que, se continúan generando condiciones propias para el desarrollo de anomalías negativas a través del ecuador hacia la región oriental. Asimismo, la elevación que se registra se debería al desarrollo de un posible paquete de ondas frías en la región occidental que se venía gestando desde inicios de noviembre de 2021 (Figura 1.3.2).

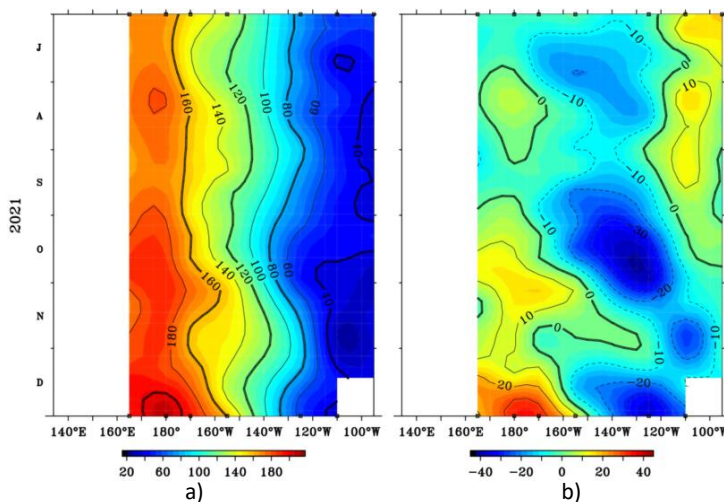


Figura 1.3.2. Diagrama longitud-tiempo de la a) profundidad de la isoterma de 20°C (m) y b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) promedio entre 2°N – 2°S, de julio 2021 a diciembre 2021. Fuente: Global Tropical Moored Buoy Array Program office, NOAA/PMEL.

En la región ecuatorial, el contenido de calor continuó mostrando una disminución de sus valores sobre las regiones central y oriental durante el mes de diciembre, debiéndose a un avance del núcleo negativo y las condiciones negativas en la región central hacia la región oriental. Por otro lado, sobre la región occidental se registra un aumento de calor sostenido desde inicios de setiembre y que registró una proyección hacia el este a partir de octubre, pero no desarrollándose intensamente hasta diciembre, registrándose un avance hasta los 160°W en la región central (Figura 1.3.3 a y Figura 1.3.3 b).

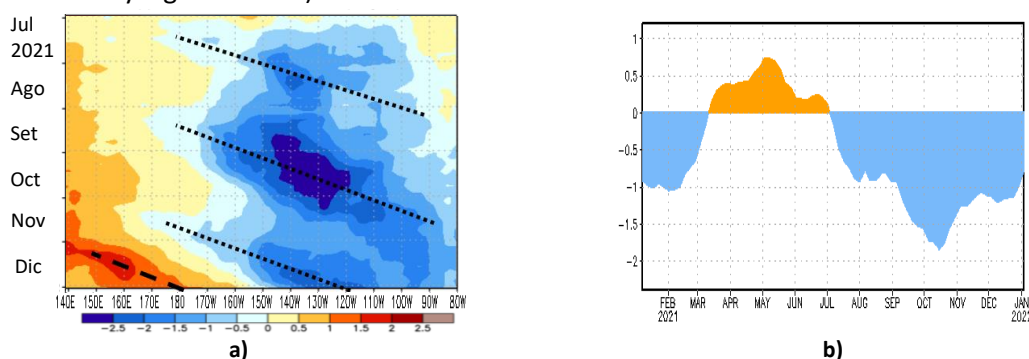


Figura 1.3.3 a) Anomalía del contenido de calor (°C) en el a) Pacífico ecuatorial entre 130°E-80°W, de 0m a 300 m de profundidad de julio 2021 a diciembre 2021, y b) promedio de la región entre 180°-100°W de febrero 2021 a diciembre 2021. Fuente: CPC-NOAA.

1.4. NIVEL DEL MAR

El Nivel del mar en el Pacífico ecuatorial continúa registrando la presencia de la onda Kelvin fría en la región central y oriental, observándose una intensificación durante el transcurso del mes de diciembre en la región oriental, alcanzándose a desarrollarse núcleos negativos de hasta -15cm de anomalía; sin embargo, también se presentó un incremento de nivel desde la región occidental hacia la central, extendiéndose hasta los 170°W para fines diciembre. Por otro lado, en la región del extremo oriente se presentó una ligera disminución de las condiciones negativas, pasando de una predominancia de anomalía de -10cm a estar entre los -5 y -10cm, pero que eventualmente disminuiría producto de las anomalías entrantes de la región oriental (Figura 1.4.1).

Asimismo, en la región central de la franja ecuatorial, durante diciembre de 2021, se corrobora la presencia de una tendencia a la disminución de los valores de nivel hasta los 110°W; sin embargo, en la región oriental se dio el desarrollo de anomalías positivas de nivel hacia el extremo oriental, aproximándose a la costa para los primeros días de enero 2022, la cual habría contribuido al debilitamiento de las anomalías negativas de nivel en la región oriental. Asimismo, también se constata la intensificación del paquete de ondas Kelvin frías en el Pacífico central (Figura 1.4.2).

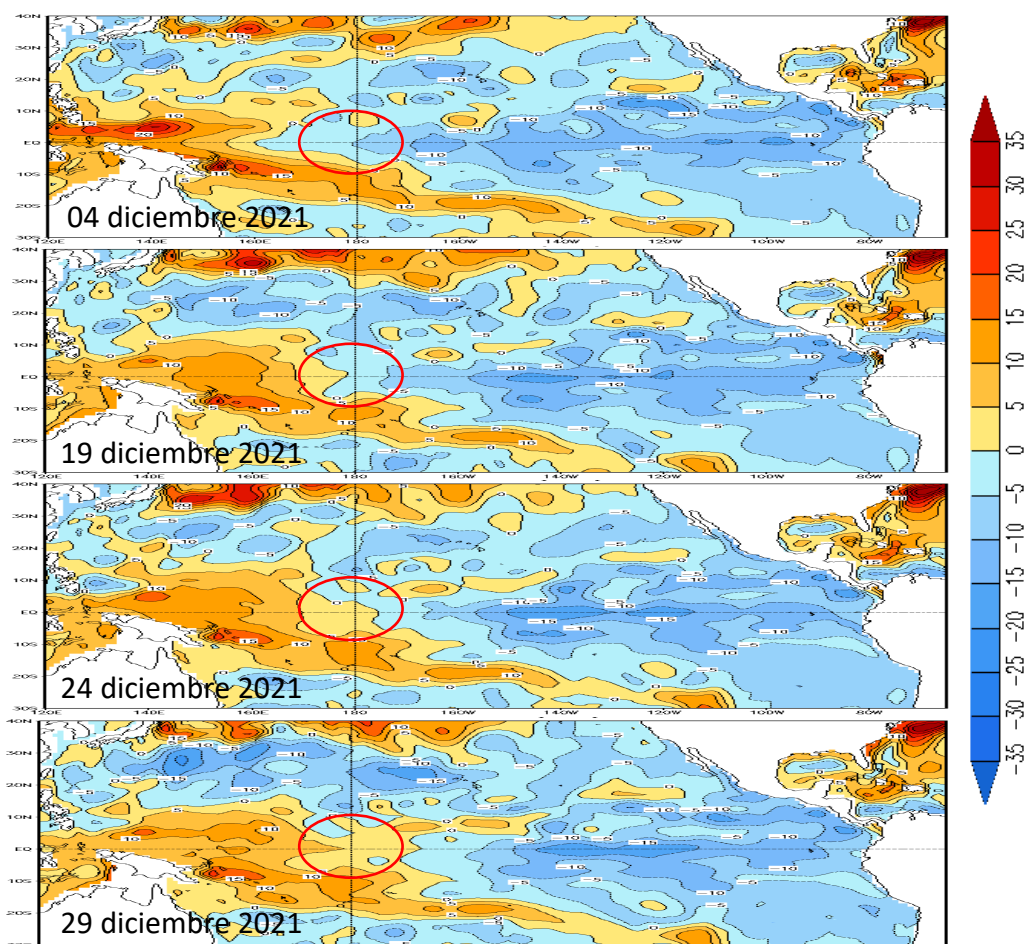


Figura 1.4.1. Anomalía del nivel del mar en el Pacífico tropical para los días 04, 19, 24 y 29 de diciembre de 2021. Climatología 1981–2010. Fuente: GODAS.

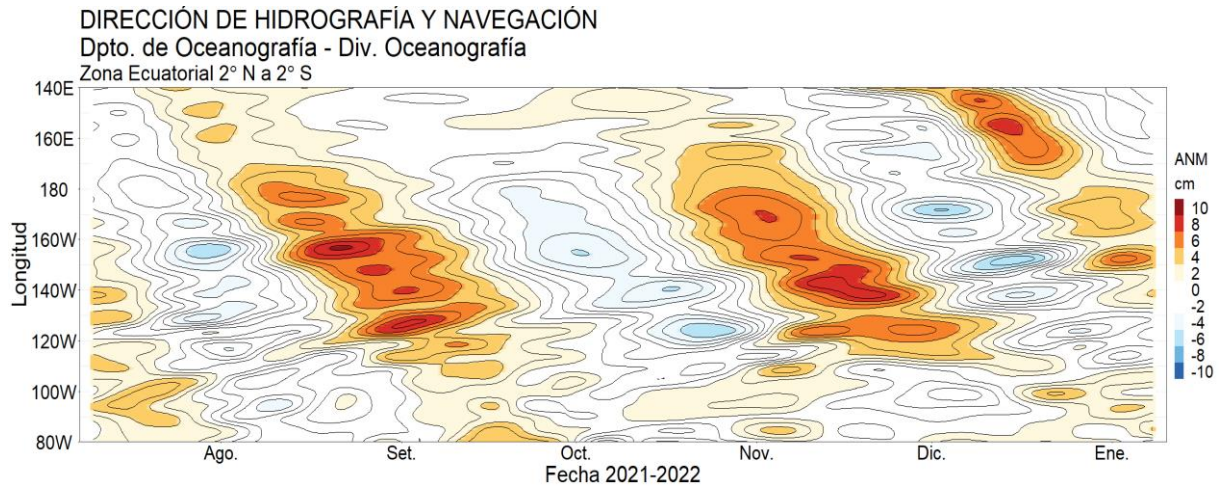


Figura 1.4.2. Diagrama de Hovmöller de la anomalía del nivel del mar en la región ecuatorial, entre los 140°E-80°W de 2°N-2°S. Periodo de julio de 2021 a diciembre de 2021. Climatología 1981–2010. Fuente: Copernicus Marine. Gráfico: DIHIDRONAV.

1.5. VIENTO

Sobre el Pacífico ecuatorial occidental y central, se mantuvieron los intensos vientos del este durante la primera quincena del mes de diciembre desde el Pacífico occidental hasta los 160°W, alcanzando valores de hasta 4m/s. Sin embargo, durante la segunda quincena se presentó una tendencia a la normalización sobre la región occidental, manteniéndose todavía medianamente intensos entre los 180° - 150°W. Este declive de vientos anómalos del este en la región occidental habría favorecido al desarrollo de las condiciones cálidas sobre esta misma región, así como a la proyección de estas hacia la región central (Figura 1.5.1).

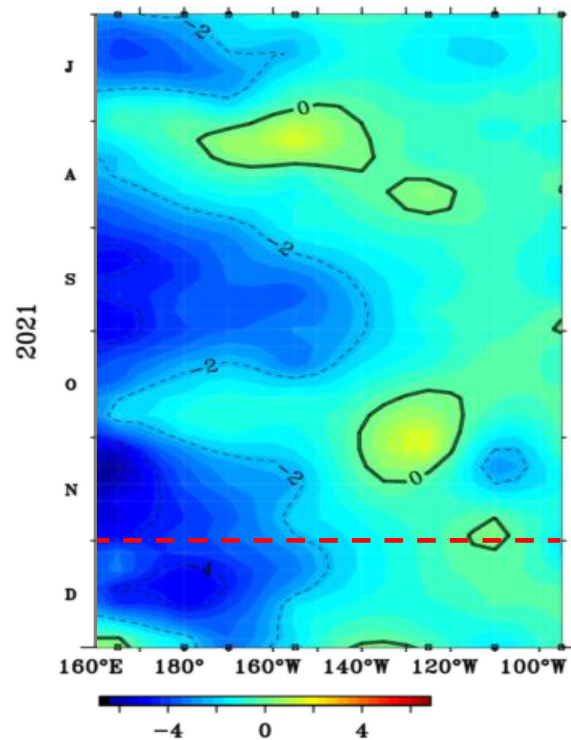


Figura 1.5.1. Diagrama de Hovmöller de la anomalía del viento zonal a nivel del mar en el Pacífico ecuatorial, para el periodo de julio de 2021 a diciembre de 2021. Fuente: NOAA.

2. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FRENTE A LA COSTA DE PERÚ

2.1. TEMPERATURA SUPERFICIAL

En la región Niño 1+2, se mantuvo una conservación de las anomalías negativas y de su intensificación durante el mes de diciembre y alcanzando valores de hasta -2°C , solo disminuyendo para la última semana del mes. Asimismo, frente a la costa del extremo norte, al norte de los 4°S , también se registró un debilitamiento de las condiciones frías, desarrollándose un núcleo positivo de hasta $+1.5^{\circ}\text{C}$ próximo a la costa; de igual forma ocurrió frente a la costa al sur de los 15°S , donde se presentó una normalización para la última semana del mes. Replegado a la costa se mantienen núcleos fríos de hasta -3°C entre los 8°S y 15°S durante casi todo el mes, solo debilitándose más al sur para fines de diciembre (Figura 2.2.1).

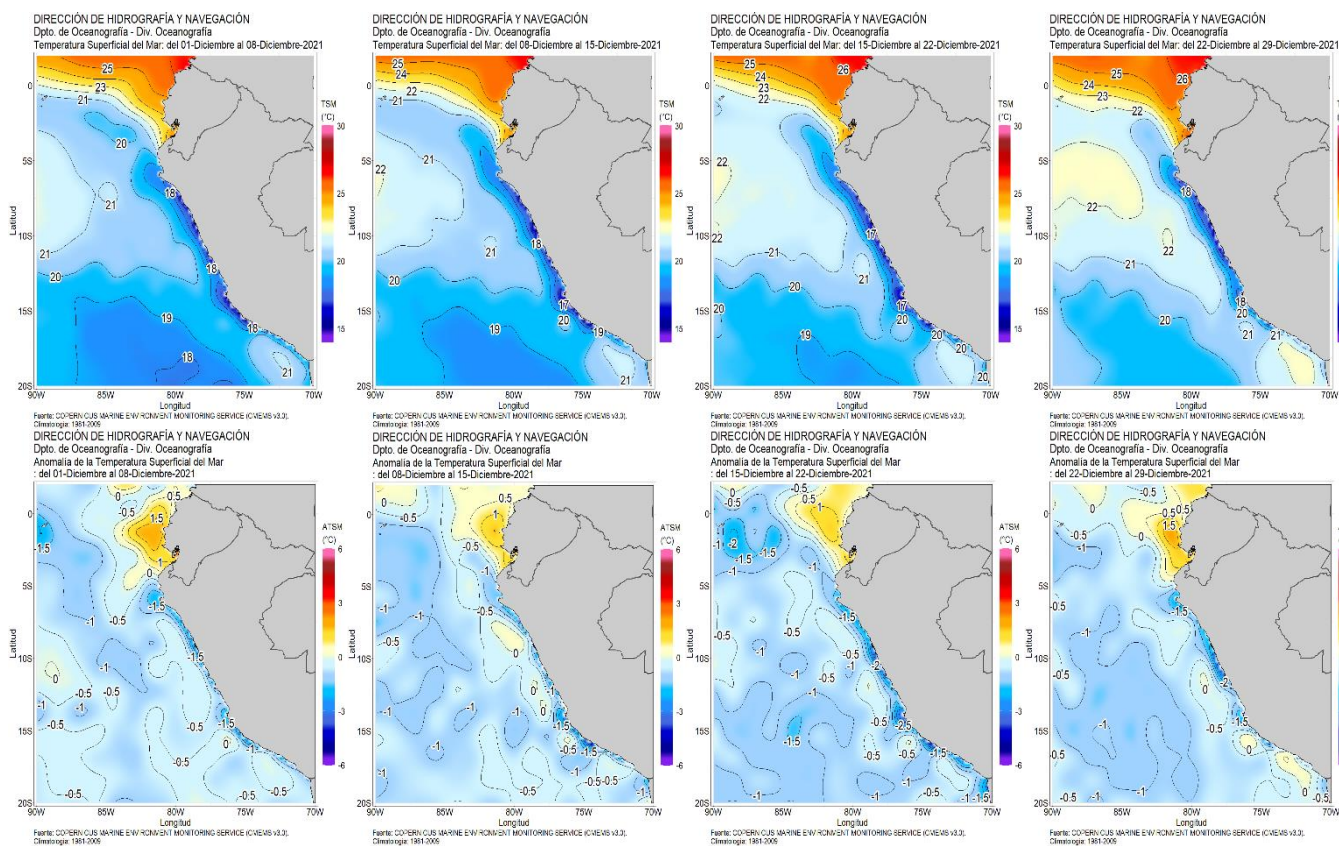


Figura 2.1.1. Promedios semanales de la temperatura superficial del mar y su anomalía en la región Niño 1+2 y frente a la costa de Perú. Climatología 1981–2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA. Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

En el mar de Perú la temperatura promedio de diciembre fue entre 18°C y 23°C en el norte, de 16°C a 21°C en el centro y de 15°C a 21°C en el sur, continuando el predominio de anomalías negativas frente a la costa al sur de los 5°S con anomalías de hasta de -2.5°C y con un alcance de hasta 50 millas. En comparación al mes de noviembre, se mantiene una tendencia al enfriamiento de la costa. Por otro lado, de forma oceánica desde el ecuador hasta los 17°S , se presentan núcleos anómalos negativos de entre -0.5°C y -1°C , por fuera de las 120 millas; mientras que, de forma oceánica frente a la costa sur se presenta una anomalía de -0.5°C (Figura 2.2.2).

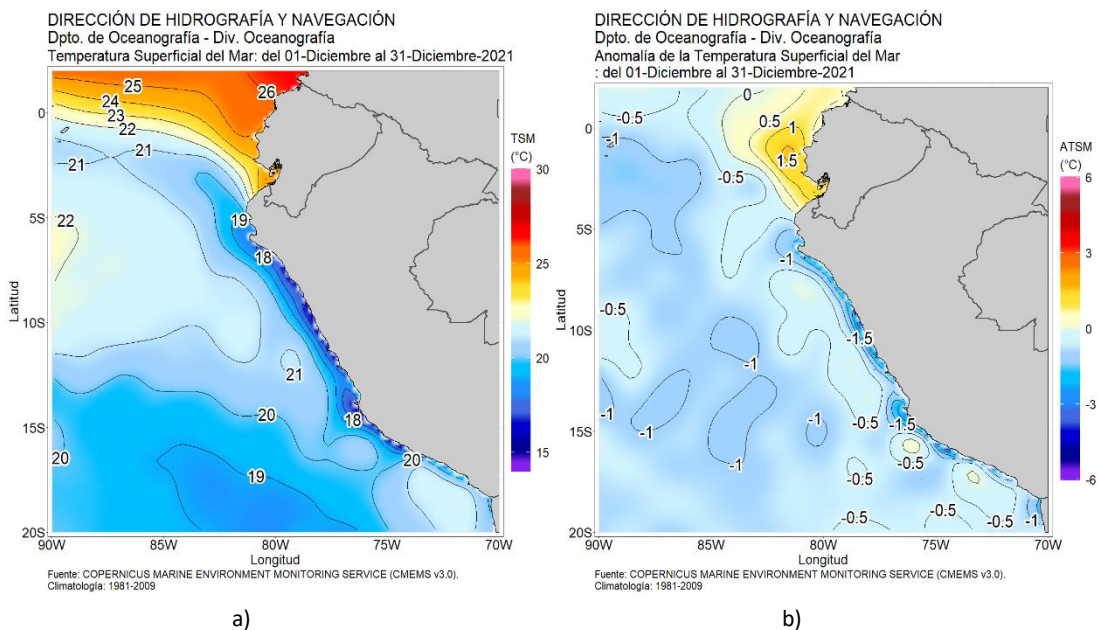


Figura 2.1.2. Promedio mensual en la región Niño 1+2 y frente a la costa peruana de la a) temperatura y b) anomalía de la temperatura de diciembre de 2021. Climatología 1981–2009 (Pathfinder V5). Fuente Datos OSTIA. Procesamiento y gráfico: DIHIDRONAV.

Por otro lado, durante el mes de diciembre continuaron disminuyendo las anomalías de temperatura frente a toda la costa, manteniéndose la tendencia desde inicios de setiembre, alcanzando un valor de -1°C frente a toda la costa al norte de Chimbote durante todo diciembre, descendiendo la temperatura hasta el valor de -1.5°C para el último par de semanas del mes. Frente al resto de la costa se mantuvo una anomalía de -0.5°C ; excepto frente a Ilo, donde se registró un valor de $+1^{\circ}\text{C}$ para la última semana y media. Asimismo, este enfriamiento alcanza una anomalía de hasta -2.5°C para los primeros diez días de enero al norte de la isla Lobos de Afuera (Figura 2.1.3, Figura 2.1.4 y Tabla 2.6.1).

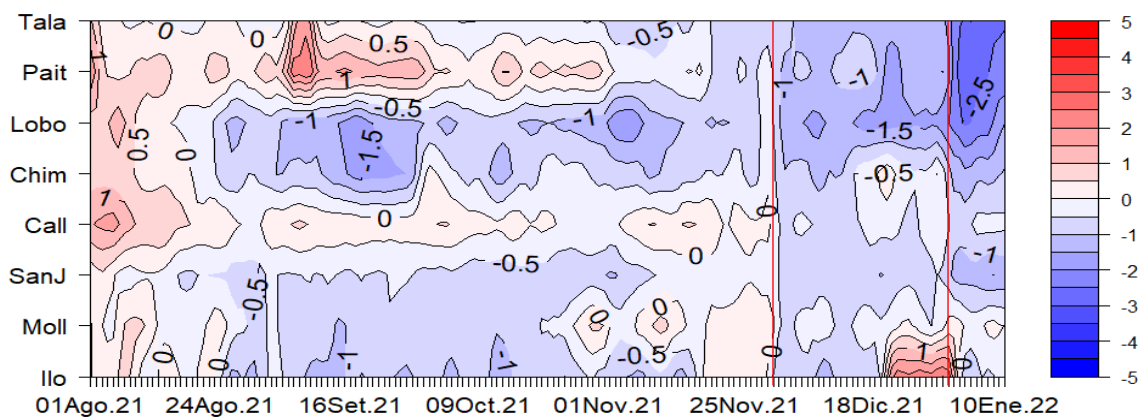


Figura 2.1.3. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM en el litoral de Perú de agosto a diciembre de 2021. Climatología: 1981–2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

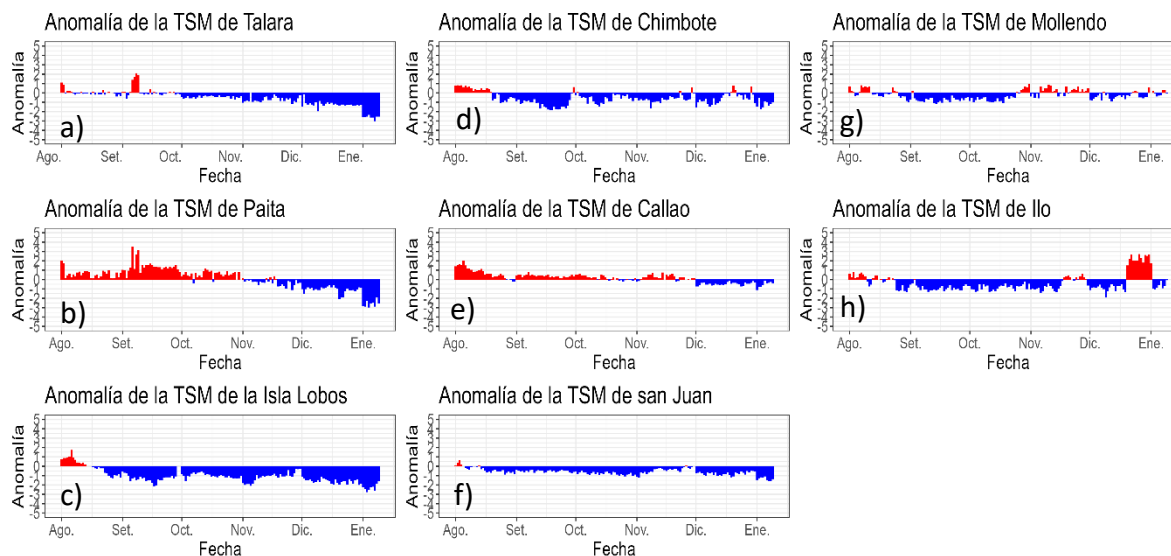


Figura 2.1.4. Series de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar de estaciones costeras, durante cinco meses, de agosto a diciembre de 2021. a) Talara. b) Paita. c) Isla Lobos de Afuera. d) Chimbote. e) Callao. f) San Juan. g) Mollendo. h) Ilo. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV Fuente: DIHIDRONAV.

2.2. TEMPERATURA SUB-SUPERFICIAL

Frente a la costa norte de Perú se registró un ligero incremento de la temperatura superficial del mar debido a la estacionalidad, surgiendo incluso la isoterma de 18°C; sin embargo, las anomalías negativas continuaron intensificándose durante el mes de diciembre, alcanzando hasta un valor de -4°C y abarcando hasta los 70m de profundidad. Asimismo, en la Boya NAYLAMP 5°S también se perciben estas anomalías negativas, a pesar de alcanzar los 22°C en la superficie para fines del mes. Por otro lado, frente a la costa central se observó un comportamiento similar a frente a la costa norte, donde incluso se desarrolló la isoterma de 20°C en la superficie, pero también se presentó una totalidad de anomalías negativas, viéndose una conservación de su valor de -2°C cerca de la costa y una ligera disminución con forme más por fuera de la costa se alcanza. Finalmente, frente a la costa al sur de los 14°S, también se mostró el desarrollo de la isoterma de 20°C para fin de mes, pero sí ocurrió una intensificación de las anomalías negativas, alcanzando incluso anomalías de -3°C desde mediados de diciembre hasta los primeros días de enero (Figura 2.2.1 y Figura 2.2.2).

Frente a la costa de Perú se presentó una predominancia de anomalías negativas y con una tendencia a un ligero enfriamiento, principalmente frente a la costa norte y sur, producto de la aproximación de condiciones frías desde el Pacífico ecuatorial oriental, por lo que este enfriamiento podría seguir intensificándose durante el próximo mes o mantenerse los núcleos fríos como frente a la costa central (Figura 2.2.2).

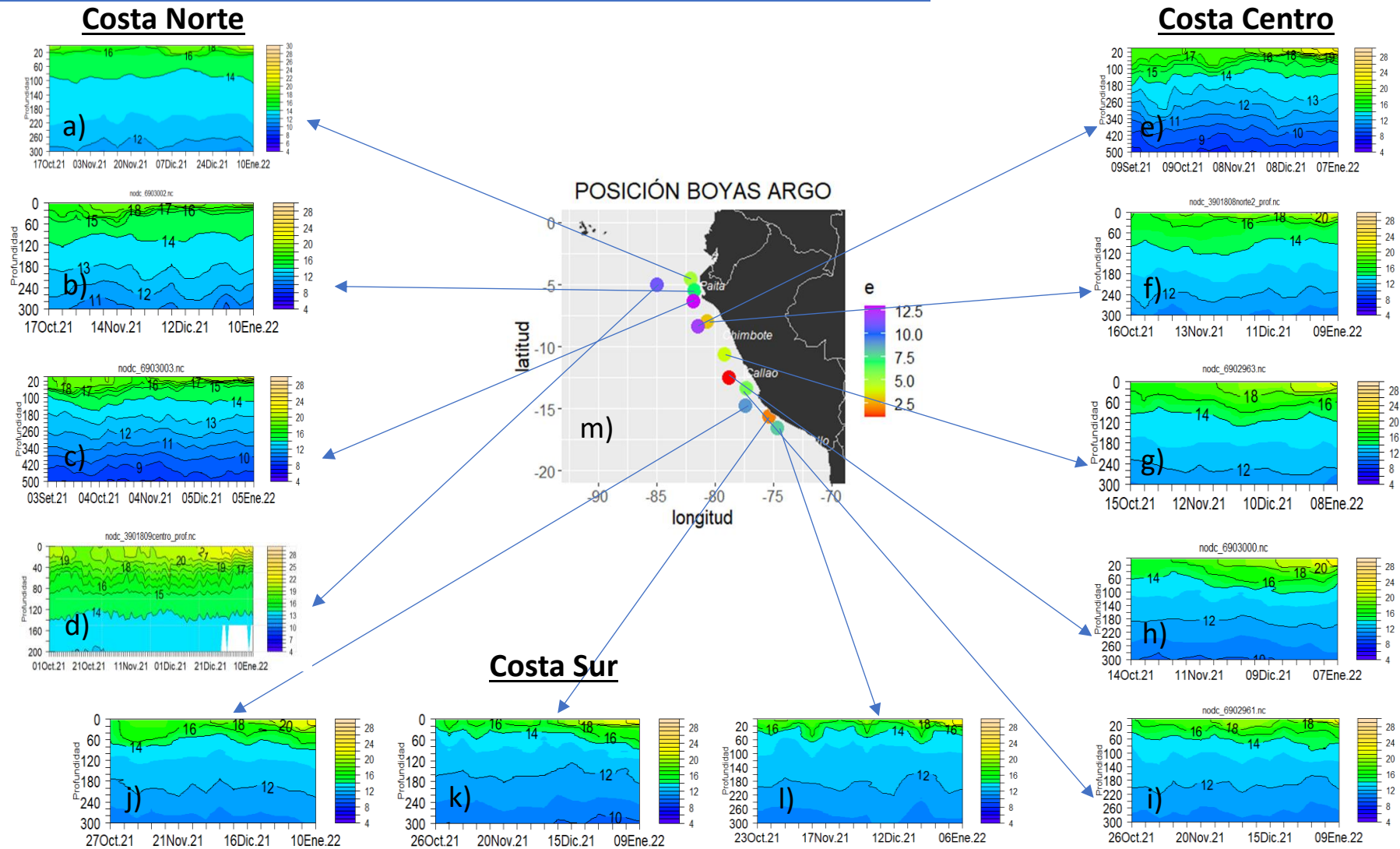


Figura 2.2.1. Temperatura del mar en los flotadores ARGO a) 6903002, b) 6903003, c) 3901809, d) boya NAYLAMP 5°, e) 3901808, f) 6902963, g) 6903000, h) 6902961, i) 6903001, j) 6903004, k) 6902962, l) 6903005 y m) Mapa de ubicación de los flotadores ARGO para inicios de enero 2022. Periodo del 03 de setiembre 2021 al 10 de enero 2022. Fuente ARGO. Elaboración DIHIDRONAV.

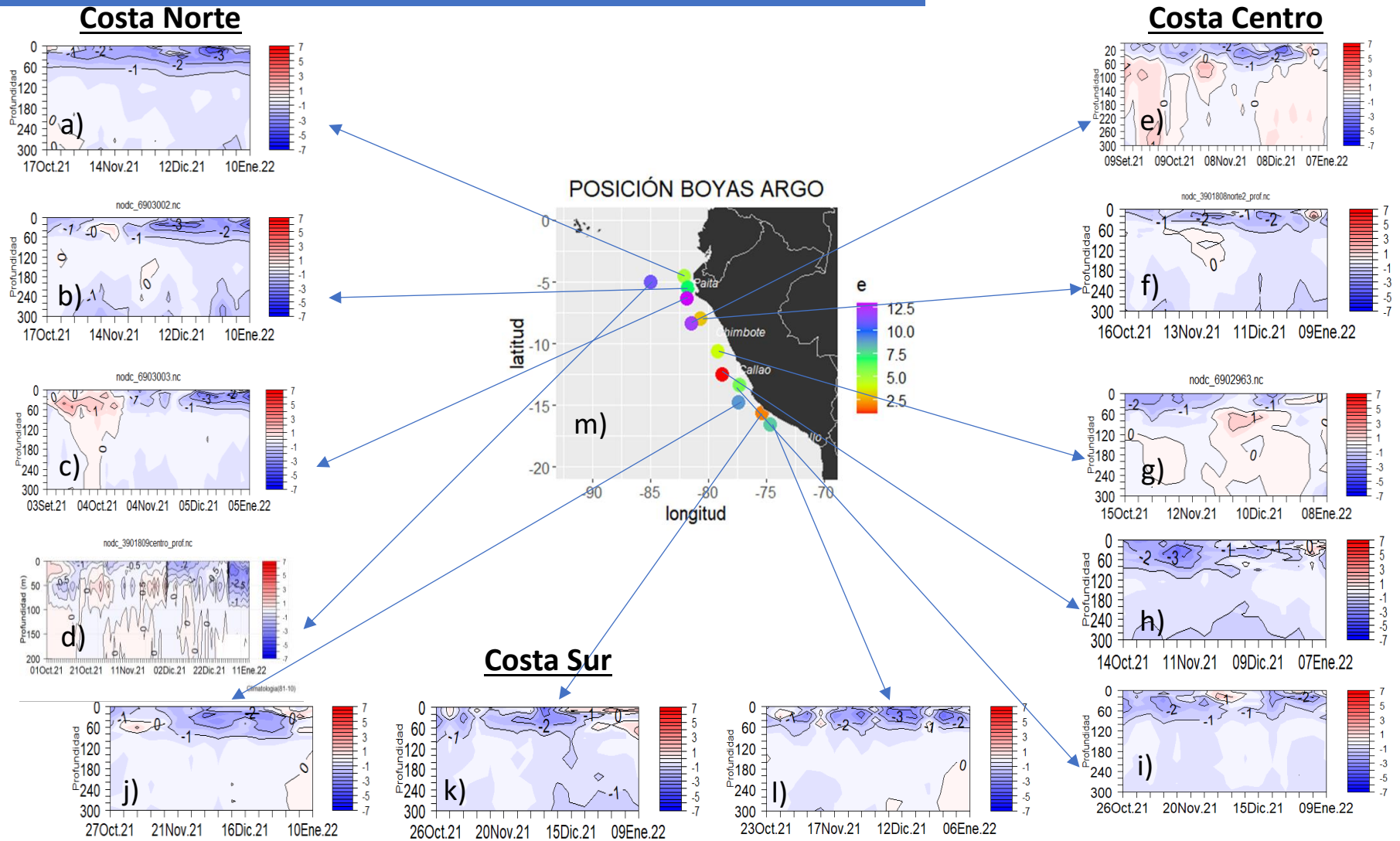


Figura 2.2.2. Anomalia de temperatura del mar en los flotadores ARGO a) 6903002, b) 6903003, c) 3901809, d) boya NAYLAMP 5°S, e) 3901808, f) 6902963, g) 6903000, h) 6902961, i) 6903001, j) 6903004, k) 6902962, l) 6903005 y m) Mapa de ubicación de los flotadores ARGO para inicios de enero 2022. Periodo del 03 de setiembre 2021 al 10 de enero 2022. Fuente ARGO. Elaboración DIHIDRONAV.

2.3. SALINIDAD

En el mar de Perú, frente a la costa norte, las aguas ecuatoriales superficiales (AES) con salinidad (<34.8 ups) se presentaron en una capa de mezcla con las aguas costeras frías (ACF) con una extensión que sobrepasa los 5°S y un alcance de poco más de 60 millas, registrándose la presencia de las aguas subtropicales superficiales (ASS) por fuera de esta área. Frente a la costa central también se presenta una capa de mezcla, pero entre las ACF y las ASS, teniendo estas últimas una presencia cerca de la costa. Mientras que, frente a la costa al sur de los 16°S se presentaron predominantes las ACF dentro de las primeras 50 millas para luego dar paso a las ASS durante todo el mes de diciembre, observándose una presencia más intensa de las ASS para inicios de enero 2022 (Figura 2.3.1).

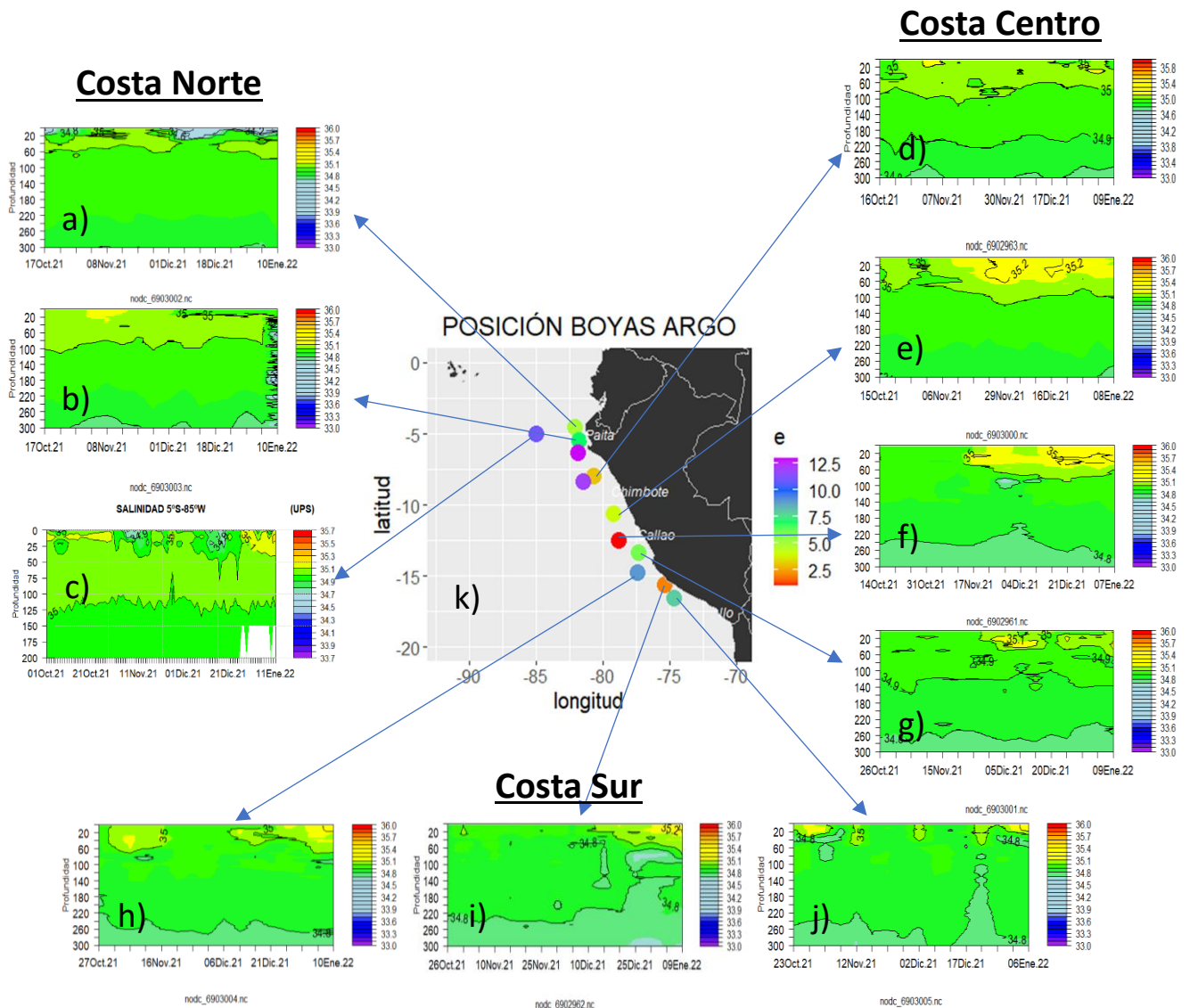


Figura 2.3.1. Salinidad sub-superficial del mar en los flotadores ARGOS a) 6903002, b) 6903003, c) Boya NAYLAMP 5°S, d) 6902963, e) 6903000, f) 6902961, g) 6903001, h) 6903004, i) 6902962, j) 6903005 y k) Mapa de ubicación de los flotadores ARGOS para inicios de enero 2022. Periodo del 14 de octubre de 2021 al 10 de enero de 2022. Fuente ARGOS. Elaboración DIHIDRONAV.

2.4. NIVEL DEL MAR

Dentro de las primeras 200 millas frente a la costa se registró el desarrollo de ligeras anomalías negativas entrantes desde el ecuador a mediados de noviembre y su repercusión al sur de los 8°S para la primera quincena del mes, así como también la llegada de anomalías positivas para fines de noviembre y que se presentan durante casi todo el mes al norte de los 10°S (Figura 2.51 a). Estas mismas anomalías positivas también se reflejaron por dentro de las primeras 60 millas frente a toda la costa al norte de los 20°S durante la primera quincena y con un valor de +4cm. Por otra parte, las anomalías negativas se expresaron en la franja de 60 millas a fines de noviembre y posteriormente para la segunda quincena del mes, teniendo una poca presencia por fuera de las 60 millas (Figura 2.5.1 b).

Asimismo, en el litoral se apreció una normalización de las anomalías negativas de -10cm a +3cm desde fines de noviembre hasta la primera semana de diciembre, la cual se acentuó por fuera de las 60 millas debido al menor contraste de anomalías. Desde la segunda semana del mes se reanudaron nuevamente las anomalías de -10cm de forma casi pareja frente a toda la costa de Perú; alcanzando hasta -15cm frente a la costa de Talar. Esta onda Kelvin fría tuvo una mayor repercusión frente a la costa y con poco alcance oceánico, registrándose solo dentro de la región ecuatorial (Figura 2.5.1 c, Tabla 2.5.1).

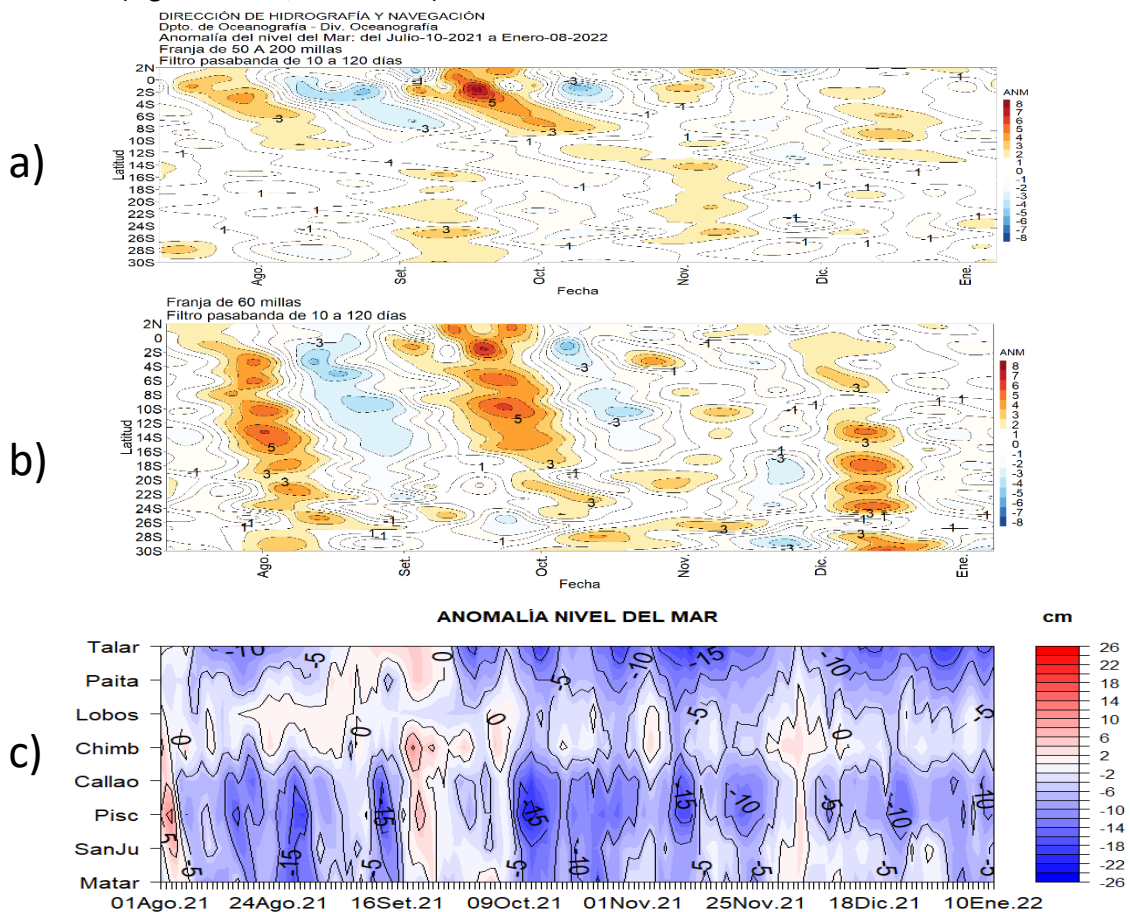


Figura 2.4.1. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar a) promedio la región del Pacífico ecuatorial, b) promedio entre 60 millas y la costa de Ecuador y Perú, entre los 2°N y 20°S, y c) en el litoral de Perú. Periodo de julio de 2021 a inicios de enero de 2022 Fuente: DIHIDRONAV.

Estación	ATSM 2021				ANMM 2021			
	Set	Oct	Nov	Dic	Set	Oct	Nov	Dic
Talara	0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-	-12	-13	-12
Paita	1.4	0.6	-0.3	-1.3	-1	-7	-9	-7
Isla Lobos de Afuera	-1.3	-1.0	-1.1	-1.6	0	-3	-4	-3
Salaverry	1.3	1.1	1.7	1.6	-	-	-	-
Chimbote	-1.2	-0.6	-0.6	-0.5	2	-3	-3	-1
Callao	0.4	0.2	0.3	-0.4	-5	-10	-8	-7
San Juan	-0.5	-0.7	-0.4	-0.8	-4	-8	-5	-1
Mollendo	-0.7	-0.4	0.2	-0.3	-4	-7	-6	-2
Ilo	-0.9	-0.8	-0.4	0.3	-	-	-	-

Tabla 2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) de setiembre– diciembre de 2021. Fuente: Estaciones costeras – DIIDRONAV.

3. CONCLUSIONES

En el Pacífico ecuatorial la TSM mantuvo anomalías negativas con valores de hasta -1°C , al este de los 180° . Sólo en el extremo occidental sus anomalías fueron positivas, alcanzando valores de hasta $+1^{\circ}\text{C}$. Por regiones Niño, en Niño 3.4 la anomalía promedio fue de $-1,06^{\circ}\text{C}$ para diciembre y $-1,1^{\circ}\text{C}$ para los primeros diez días de enero de 2022; y en la región Niño 1+2 de $-1,63^{\circ}\text{C}$ y $-0,9^{\circ}\text{C}$ en los mismos periodos

Por otro lado, una onda Kelvin fría se encuentra muy cerca de la costa americana, mientras que otra onda Kelvin cálida continúa su desplazamiento hacia la costa americana y, en la actualidad, se localiza en 140°W .

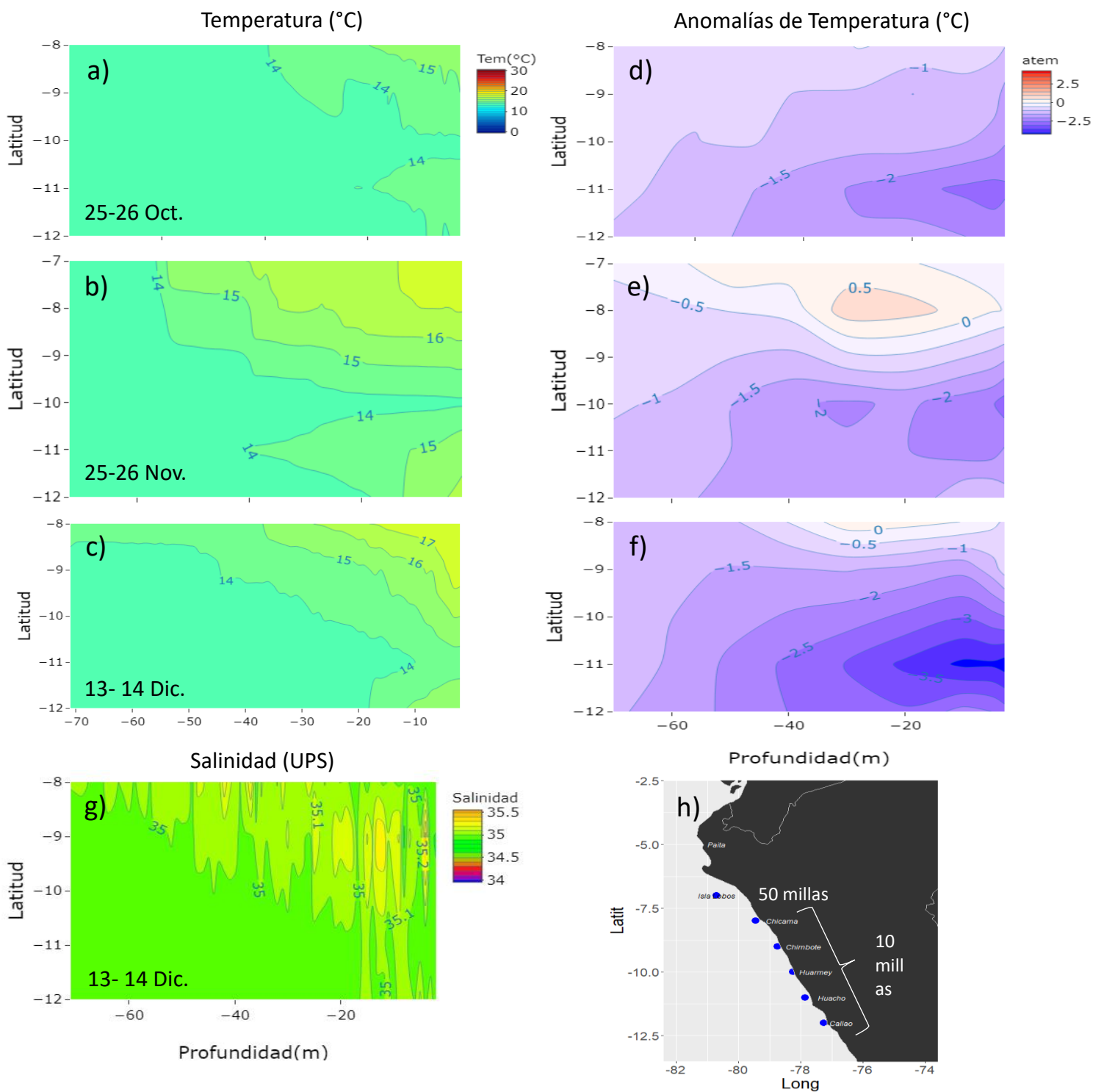
Para el mes de diciembre la TSM en el mar peruano presentó valores entre 17°C y 21°C , con anomalías promedio de $-1,5^{\circ}\text{C}$ y $-0,5^{\circ}\text{C}$ dentro y fuera de las 50 millas de la costa, respectivamente. En lo que va de enero, las anomalías disminuyeron a cero por fuera de las 50 millas de la costa. En el litoral norte las anomalías negativas de diciembre alcanzaron valores diarios de $-1,5^{\circ}\text{C}$; en tanto que, en el litoral centro y sur, de $-0,5^{\circ}\text{C}$; solo en Ilo la anomalía cambió de negativa a positiva ($+1^{\circ}\text{C}$) en la última semana de diciembre. Para lo que va de enero, las anomalías negativas aumentaron en Talara y Paita hasta $-2,5^{\circ}\text{C}$ y tendieron a debilitarse entre Islas Lobos a Callao a -1°C ; mientras que en el litoral sur presentaron valores cercanos de cero.

En la primera quincena de diciembre, se registró un incremento de las anomalías del nivel del mar (NM) tanto en el litoral como dentro de la franja de 60 millas adyacente a la costa, lo que se asocia al paso de la onda Kelvin cálida de norte a sur. Sin embargo, en las dos últimas semanas de diciembre y en lo que va de enero las anomalías en el litoral se mantuvieron por debajo del nivel medio, en correlato con las condiciones frías predominantes. Estos descensos fueron significativos, alcanzando anomalías de -15 cm en el norte (Talara).

Las observaciones de la salinidad superficial del mar durante diciembre indicaron la presencia de las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 80 millas náuticas frente a Paita y una intromisión de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) desde el norte, fuera de las 90 m.n.

La temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, estaría, en promedio, dentro del rango neutral, por lo menos hasta inicios de otoño de 2022. Por otro lado, se espera que continúe el desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central hasta inicios de otoño de 2022, siendo más probable que el evento presente una magnitud débil.

4. CRUCERO OCEANOGRÁFICO



4.1 Figura. Temperatura subsuperficial del mar para las fechas de a) 25-26 octubre, b) 25-26 noviembre y c) 13-14 diciembre 2021. Anomalía de la temperatura subsuperficial del mar para las fechas d) 25-26 octubre, e) 25-26 noviembre y f) 13-14 diciembre 2021. Salinidad subsuperficial del mar para la fecha g) 13-14 diciembre 2021 y h) estaciones de medición del crucero oceanográfico. Fuente: Estaciones costeras – DIIDRONAV.