



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 OCÉANO-ATMOSFÉRICO

MARZO 2023



1. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL

1.1. TEMPERATURA SUPERFICIAL

En el Pacífico ecuatorial, durante marzo 2023, se presentó un incremento de los valores de temperatura respecto a febrero a lo largo de toda la franja ecuatorial, principalmente al este de los 100°W, donde se registraron anomalías intensas desde la segunda semana de marzo de +2°C. Para para la última semana de marzo e inicios de abril 2023 se registra valores positivos superficiales de anomalía sobre la región del Pacífico ecuatorial central; así como un valor de +1°C en la región occidental (Figura 1.1.1).

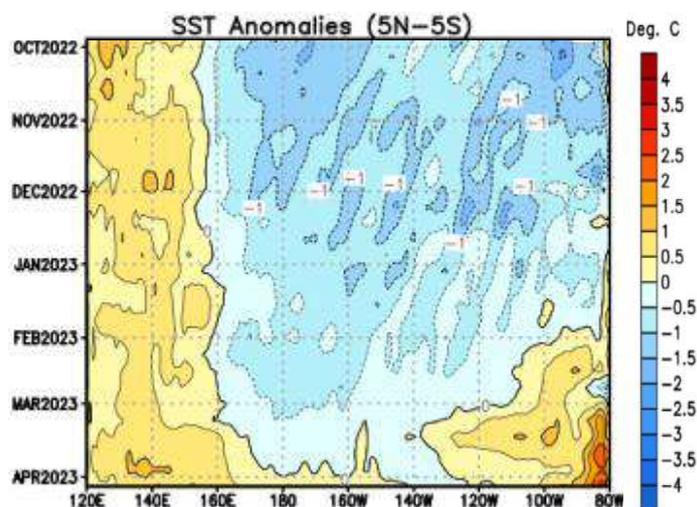


Figura 1.1.1 Diagrama Hovmöller de a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalía de la temperatura superficial en el Pacífico ecuatorial (°C) (02°N - 02°S) octubre 2022 – marzo 2023. Fuente OSTIA. Gráfico: NOAA.

Por regiones Niño, se registraron anomalías térmicas positivas sobre la región del Pacífico ecuatorial central y occidental a partir de la segunda quincena de abril. Mientras que, en la región Niño 1+2 continuaron incrementándose las anomalías positivas, alcanzando a registrar condiciones cálidas con un valor mayor a +2°C para la segunda quincena de mes. Como promedio mensual, la anomalía en la región Niño 3.4 tuvo un valor de -0.16°C; mientras que, en la región Niño 1+2 fue de 1.40°C, disminuyendo las anomalías negativas en el Pacífico central y estableciéndose condiciones cálidas frente a la costa sudamericana (Figura 1.1.2).

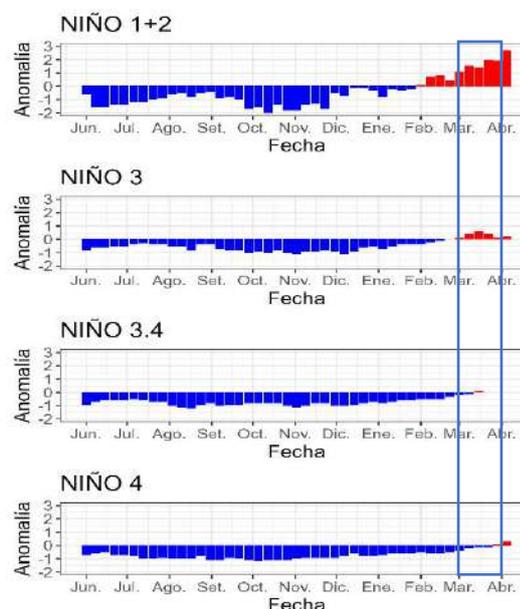


Figura 1.1.2 Anomalías semanales de la temperatura superficial del mar (°C) en las regiones Niño, de junio 2022 a marzo 2023. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA. Gráfico: DIHIDRONAV.

En el Pacífico ecuatorial occidental y central se continuó presentando una disminución de los núcleos anómalos negativos, desarrollando núcleos positivos para fines de marzo y los primeros días de abril. Mientras que, en la región oriental al este de los 120°W se registraron anomalías positivas mayores a +0.5°C en promedio, pero alcanzando hasta +3°C al este de los 085°W, presentándose una condición cálida sobre el extremo oriental. Para los primeros días de abril se registran anomalías de hasta +6°C muy cerca de la costa sudamericana, debido a un intenso calentamiento producto del ingreso de aguas ecuatoriales cálidas desde el norte (Figura 1.1.3).

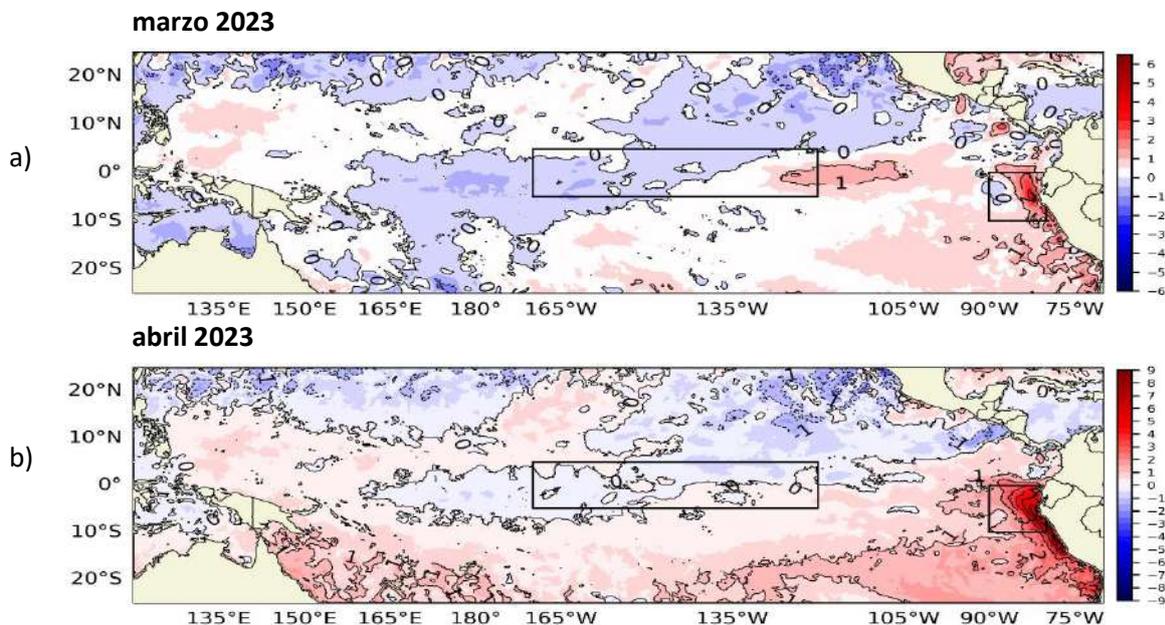


Figura 1.1.3 Promedio mensual de la anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) de a) marzo 2023 y b) del 1 al 8 de abril 2023. Fuente: OSTIA, Gráfico: DIHIDRONAV.

1.2. INDICE OCEÁNICO EL NIÑO (ONI)

El índice ONI (Oceanic Niño Index) del Pacífico central (Niño 3.4) indica a finalización del evento La Niña en la región central de Pacífico ecuatorial para febrero 2023, la cual se mantuvo con un segundo periodo desde noviembre de 2021. El índice muestra un valor de -0.4 para febrero de 2023, lo que indica una condición dentro de lo normal, manteniéndose con una tendencia a la normalización (Figura 1.2.1).

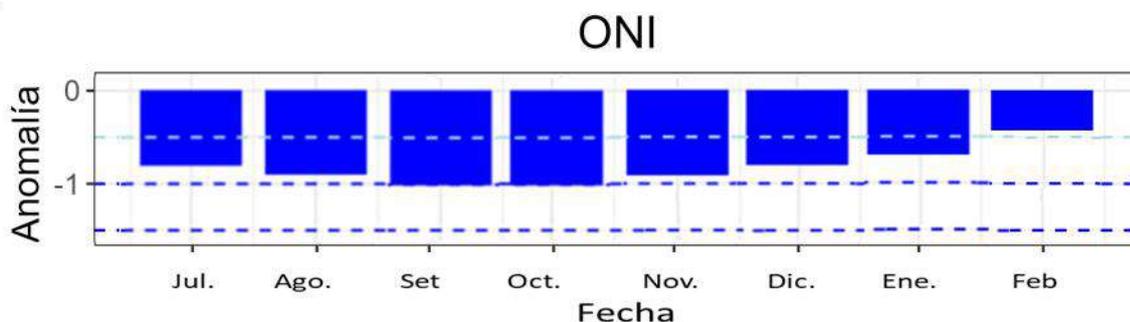


Figura 1.2.1 Serie del ONI, de los último ocho meses. Fuente: NCEP/NOAA. Gráfico: DIHIDRONAV.

1.3. TEMPERATURA SUB-SUPERFICIAL

En el Pacífico ecuatorial durante marzo de 2023, se registró una profundización de la termoclina en la región central de hasta 20m, entre los 140°W y 160°W, a pesar de que solo se desarrolló superficialmente la isoterma de 27°C de acuerdo a la climatología. Mientras que, en la región oriental se observó una ligera elevación de la termoclina; sin embargo, en los primeros 60m de profundidad se presentó un importante calentamiento al 130°W, desarrollándose la isoterma de 28°C en esta región a partir de la segunda quincena del mes. Este comportamiento se relaciona con el desarrollo de una condición cálida en la región oriental y la normalización de los núcleos fríos en la región central. Por otro lado, tanto en la región occidental-central y el extremo oriental se mantienen núcleos positivos, entre los 102-200m con +4°C y sobre los 50m de profundidad con hasta +3°C, respectivamente (Figura 1.3.1).

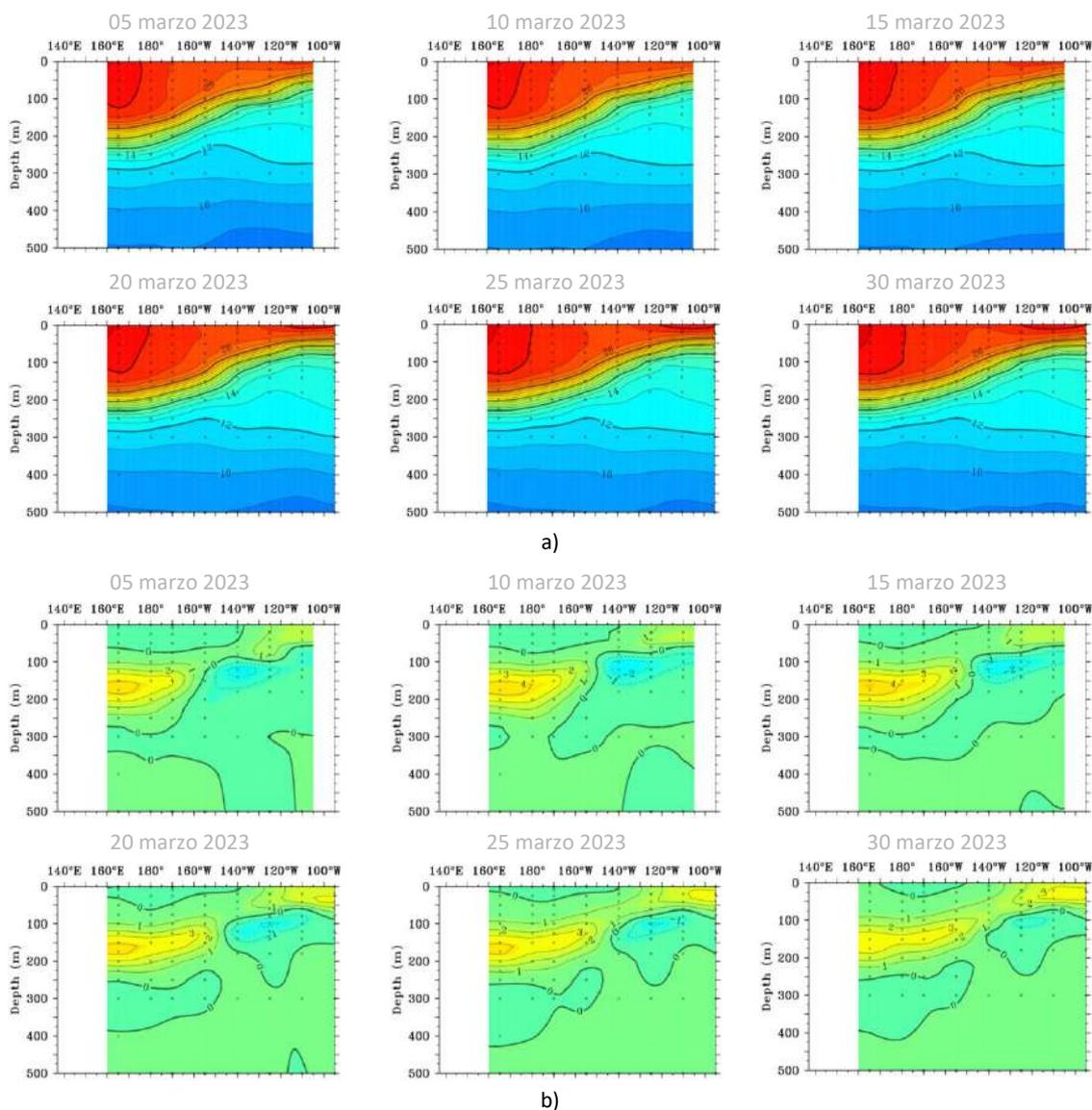


Figura 1.3.1. Sección transversal en el Pacífico ecuatorial (02°N - 02°S), promedio de cinco días, finalizando los días 5, 10, 15, 20, 25 y 30 de marzo 2023 de la a) temperatura subsuperficial del mar (°C) y b) anomalía de la temperatura subsuperficial del mar (°C). Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

En el Pacífico ecuatorial occidental y central la isoterma de 20°C continuó profundizándose sobre la región central al oeste de los 130°W a partir de la segunda quincena de marzo y al este de los 100°W, manteniendo una profundidad mayor a lo normal sobre gran parte de la región central. Por otra parte, en la región occidental se mantuvo profundizada, solo disminuyendo alrededor de los 180° para fines de marzo (Figura 1.3.2).

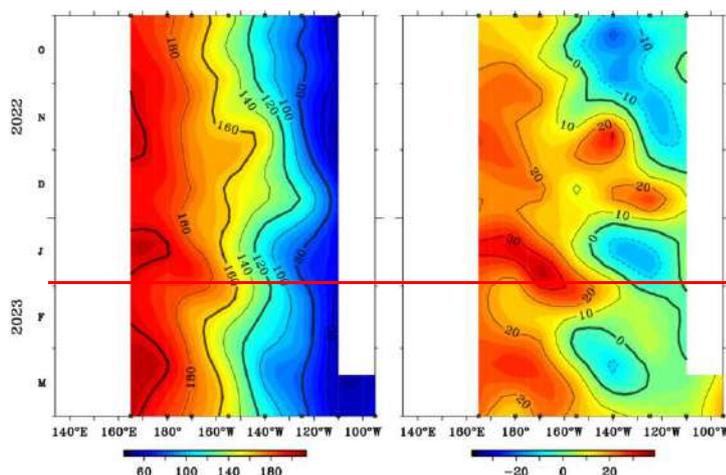


Figura 1.3.2. Diagrama longitud-tiempo de la a) profundidad de la isoterma de 20°C (m) y b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) (02°N – 02°S), de octubre 2022 a marzo 2023. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

En la región ecuatorial, el contenido de calor mostró la llegada de una onda Kelvin cálida a la región extremo oriental para los primeros días de marzo y otra que llegaría para la primera quincena de abril, prevaleciendo condiciones cálidas debido al debilitamiento de los vientos alisios y del este frente a la costa sudamericana y en la región oriental del Pacífico ecuatorial, respectivamente. Asimismo, una onda Kelvin cálida se desplaza sobre la región central, alcanzando los 155°W para fines de marzo, proyectando su arribo a la costa sudamericana para la mediados de mayo, favoreciéndose una conservación de anomalías positivas de temperatura de mantenerse los vientos anómalos del oeste. Por otro lado, el núcleo positivo en la región occidental desde fines de diciembre presenta una ligera disminución de su valor (Figura 1.3.3 y Figura 1.5.1).

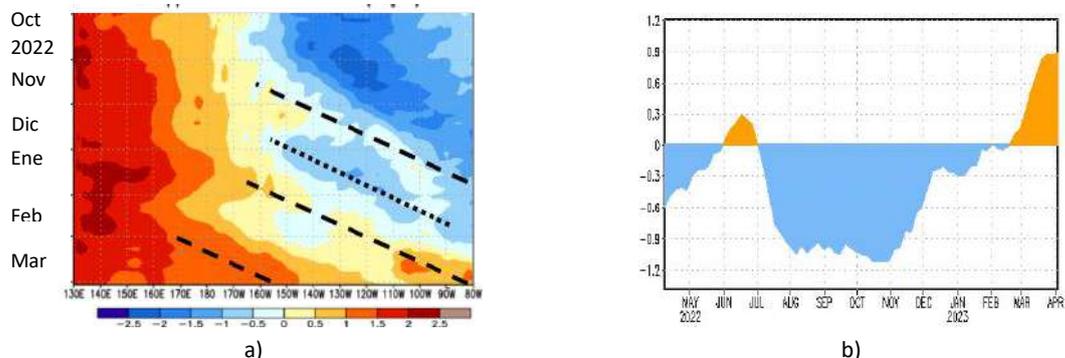


Figura 1.3.3 a) Anomalía del contenido de calor (°C) en el Pacífico ecuatorial (130°E-080°W), de 0m a 300 m de profundidad de octubre 2022 a marzo 2023, y b) promedio de la región entre 180°-100°W de abril 2022 a marzo 2023. Fuente: CPC-NOAA.

1.4. NIVEL DEL MAR

El nivel del mar en el Pacífico ecuatorial central mantuvo la presencia de anomalías positivas al oeste de los 140°W durante la primera quincena, desarrollándose sobre toda la región ecuatorial para la segunda mitad del mes. En la región oriental se presentaron anomalías positivas, que se extendieron sobre toda la región a partir de la segunda semana, al este de los 110°W, uniéndose a las anomalías en el resto del ecuador para la última semana de marzo. Durante los últimos días de marzo se observa una disminución en las anomalías de nivel al este de los 110°W (Figura 1.4.1).

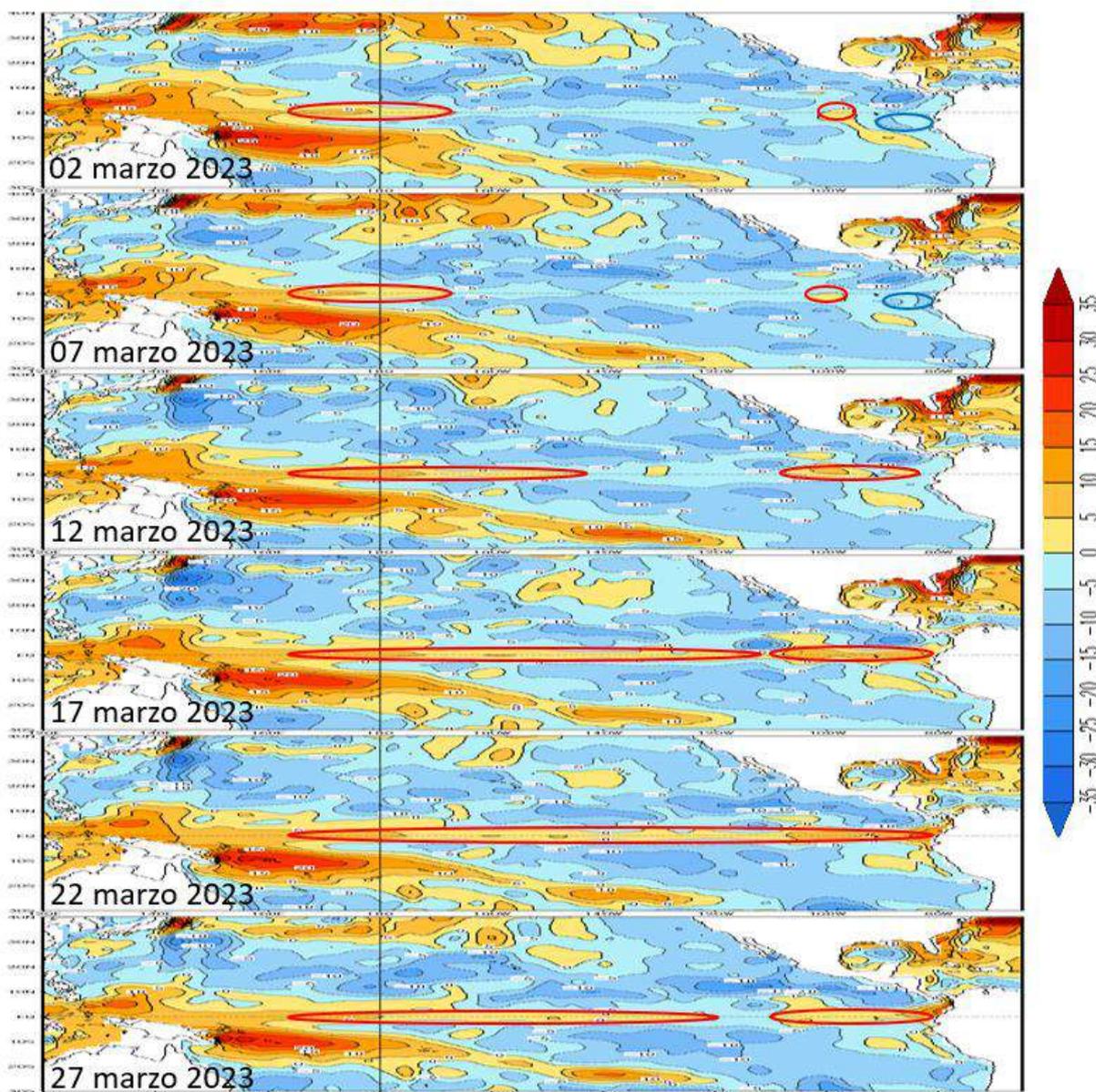


Figura 1.4.1. Anomalia del nivel del mar (cm) en el Pacífico tropical para los días 04, 09, 14, 19, 24 y 29 de marzo 2023. Climatología 1981–2010. Fuente: GODAS.

Asimismo, en la región oriental de la franja ecuatorial, se desarrollaron núcleos intensos y hacia a partir de la segunda semana de marzo. El núcleo negativo que se desarrolló sobre la región central desde mediados de febrero se debilitó durante la primera semana de marzo, disminuyendo ligeramente los núcleos anómalos positivos, los cuales predominaron sobre la región oriental al este de los 140°W durante todo marzo, con anomalía de hasta +4cm al este de los 100°W. Asimismo, otro núcleo positivo alcanzó los 120°W para fines de enero e inicios de abril. Sin embargo, un nuevo núcleo negativo se empezó a desarrollar en la región occidental para inicios de abril, al oeste de los 180°, proyectándose hacia la región central (Figura 1.4.2).

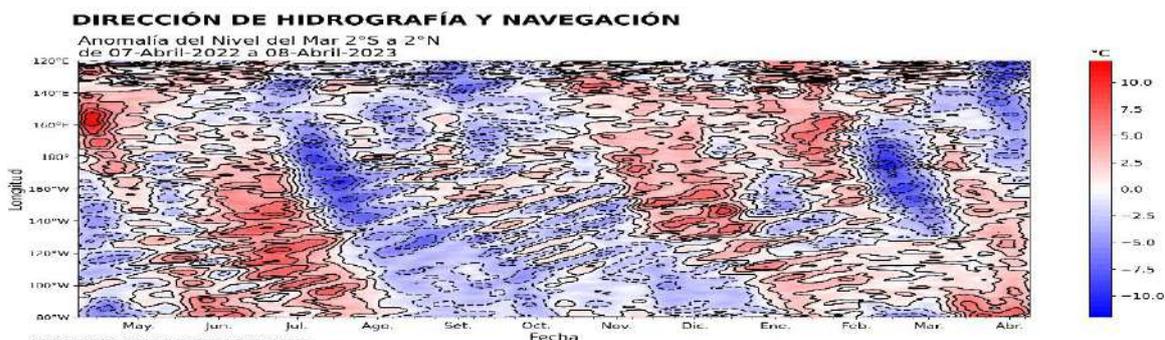


Figura 1.4.2. Diagrama de Hovmöller de la anomalía del nivel del mar en la región ecuatorial (cm), entre los 120°E-080°W (02°N - 02°S). Periodo de abril 2022 a marzo 2023. Climatología 1981–2010. Fuente: GODAS. Gráfico: DIHIDRONAV.

1.5. VIENTO

Sobre el Pacífico ecuatorial central y oriental, entre los 150°W y 120°W, se mantiene la anomalía de los vientos del oeste desde mediados de enero 2023. Por otra parte, en la región occidental y en el extremo oriental, al oeste de los 180° y al este de los 100°W, se desarrollaron anomalías de vientos del este. Este desarrollo de vientos del este favorece el debilitamiento de las condiciones cálidas de temperatura en la región oriental, así como a la posible formación de una Kelvin fría desde la región del Pacífico ecuatorial occidental hacia la central (Figura 1.5.1).

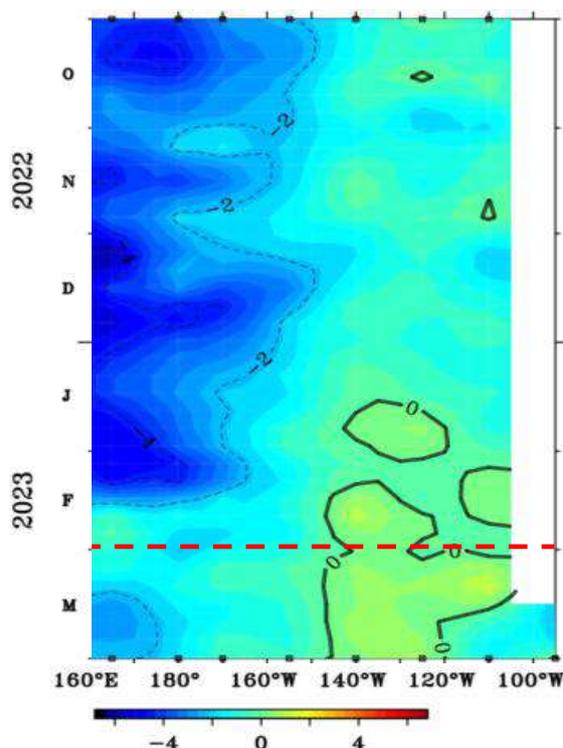


Figura 1.5.1. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento zonal a nivel del mar en el Pacífico ecuatorial, para el periodo de octubre 2022 a marzo 2023. Fuente: NOAA.

2. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FRENTE A LA COSTA DE PERÚ

2.1. TEMPERATURA SUPERFICIAL

En la región Niño 1+2, se presentó un incremento sostenido de las anomalías positivas de temperatura durante marzo 2023, alcanzando una anomalía de hasta +4°C por dentro de las primeras 100 millas cerca de la costa norte y centro, al norte de los 15°S. Asimismo, se debilitaron los núcleos negativos que se presentaban replegados frente a la costa sur, pasando a anomalías positivas a partir de la segunda quincena. Por otro lado, frente a la costa norte se desarrolló la isoterma de 29°C por dentro de las primeras 100 millas y la isoterma de 28°C presentó una extensión hasta los 10°S y de forma costera para fines de marzo (Figura 2.2.1).

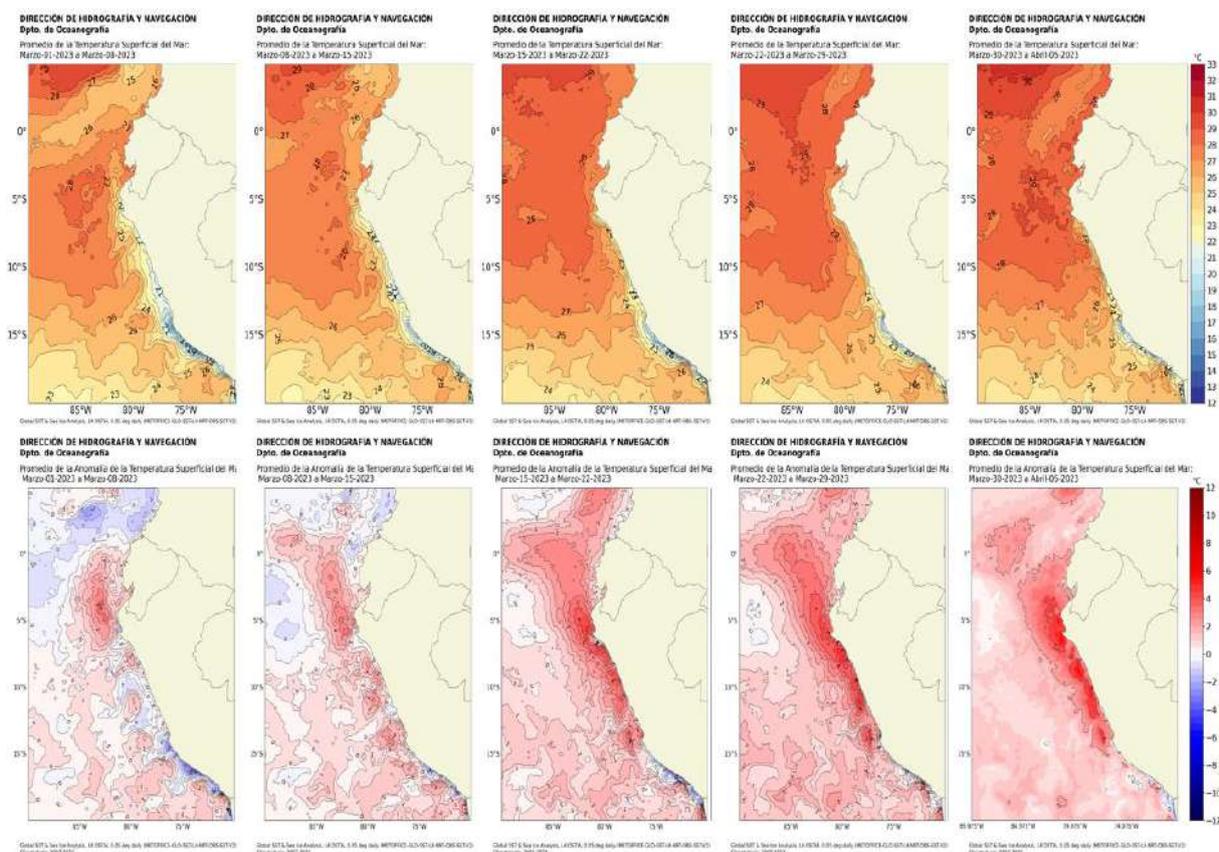


Figura 2.1.1. Promedios semanales de la temperatura superficial del mar y su anomalía (°C) en la región Niño 1+2 y frente a la costa de Perú para el mes de marzo 2023. Climatología 1981–2009 (Pathfinder V5). Fuente: OSTIA. Gráfico: DIHIDRONAV.

En el mar de Perú la temperatura promedio de enero fue de 25°C a 27°C en el norte, de 22°C a 27°C en el centro y de 19°C a 26°C en el sur, desarrollándose anomalías positivas de +1°C frente a la costa sur y de +3°C frente a la norte y centro por fuera de las 50 mn y por dentro de las 200 mn, respectivamente. Asimismo, por dentro de las 50mn frente a la costa sur se mantuvieron en promedio anomalías negativas. Por otra parte, frente a la costa norte se estableció la isoterma de 28°C alrededor de los 082°W. En comparación al mes de febrero, se desarrollaron anomalías cálidas de temperatura cerca de la costa y de forma oceánica (Figura 2.2.2).

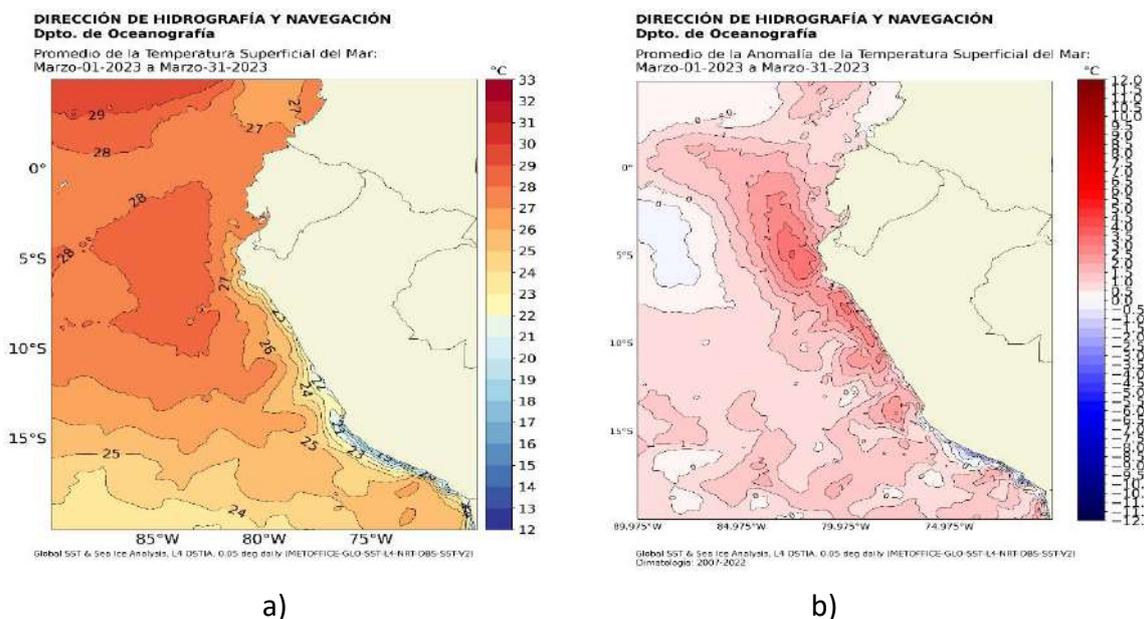


Figura 2.1.2. Promedio mensual en la región Niño 1+2 y frente a la costa peruana de la a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) de marzo 2023. Climatología 1981–2009 (Pathfinder V5). Fuente: OSTIA. Gráfico: DIHIDRONAV.

Asimismo, en el litoral, a partir de la segunda semana de marzo se presentó un rápido incremento de las anomalías positivas frente a la costa al norte de San Juan de Marcona, alcanzando anomalías de +5°C; mientras que al sur se mantuvieron anomalías entre -1°C y 0°C. Sin embargo, desde la última semana del mes e inicios de abril, se registró un segundo incremento intenso, que desarrolló anomalías de hasta +8°C frente a la costa al norte de San Juan de Marcona y con anomalías alrededor de +1°C al sur, presentándose las mayores anomalías frente a la costa norte (Figura 2.1.3, Figura 2.1.4 y Tabla 2.4.2).

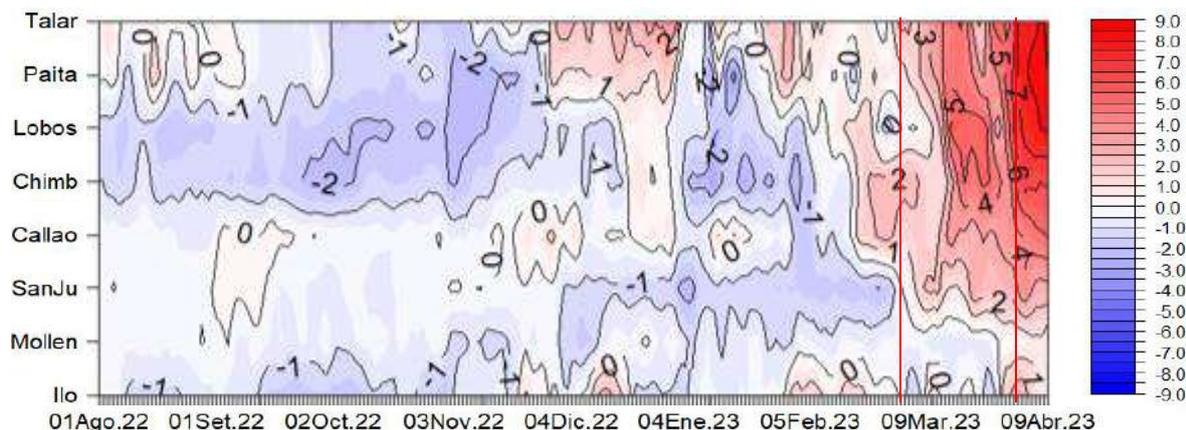


Figura 2.1.3. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la TSM (°C) en el litoral de Perú de agosto 2022 a marzo 2023. Climatología: 1981–2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

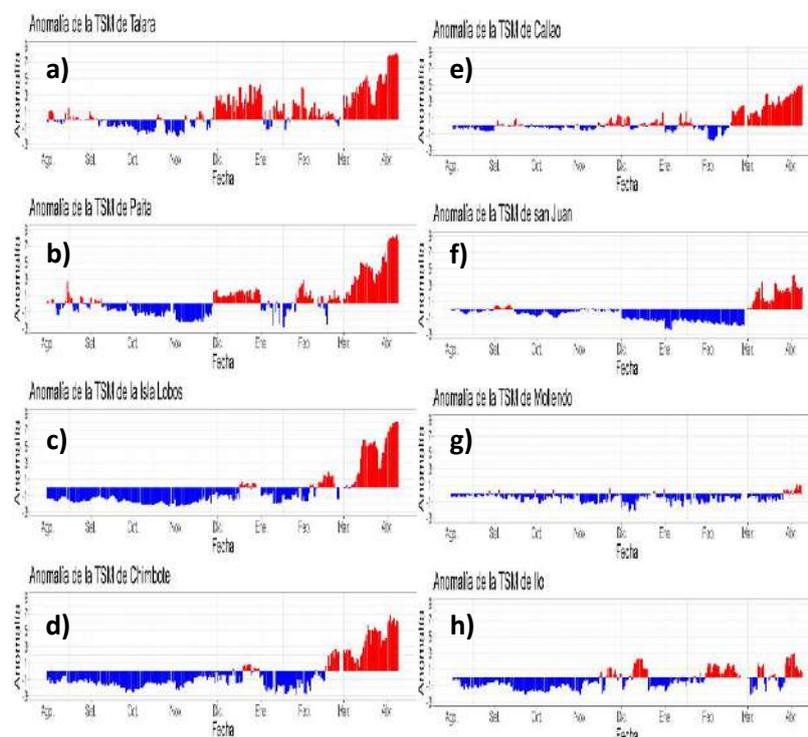


Figura 2.1.4. Series de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar de estaciones costeras, durante seis meses, de agosto 2022 a marzo 2023. a) Talara. b) Paíta. c) Isla Lobos de Afuera. d) Chimbote. e) Callao. f) San Juan. g) Mollendo. h) Ilo. Climatología 1981 – 2010 DIHIDRONAV. Fuente: DIHIDRONAV.

2.2. TEMPERATURA SUB-SUPERFICIAL

Frente a la costa de Perú, de forma oceánica, se registró un incremento de las anomalías térmicas positivas superficiales que alcanzaron $+8.0^{\circ}\text{C}$ para la segunda semana de marzo sobre los 50m, extendiéndose hasta los 70m para la última semana del mes. Asimismo, se debilitaron los núcleos fríos que se observaban a mayor profundidad, que aún se observan entre los 40 y 100m frente a la costa centro, registrando -1°C de anomalía (Figura 2.2.1). Frente a la costa norte y centro, la temperatura del mar alcanzó 28°C por dentro de las 150 millas, al norte de Chimbote, incluso mostrándose por dentro de las 60 millas; estas condiciones desarrollaron anomalías de entre hasta $+8^{\circ}\text{C}$ en una capa de 50m de profundidad en promedio. Este desarrollo de anomalías positivas frente a la costa se debería a la influencia de la onda Kelvin cálida y el ingreso de aguas ecuatoriales desde el norte (Figura 5.3, Figura 5.2 y Figura 5.1).

2.3. SALINIDAD

En el mar de Perú, se registra la presencia de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS), extendiéndose hasta los 08°S con una profundidad promedio de 50m y alcanzando hasta 50 millas de la costa; mientras que las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se mantienen hasta los 10°S durante los primeros días de abril. De forma más oceánica, se registran las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), a 100 millas de la costa centro y al sur de los 12°S (Figura 2.3.2, Figura 5.3, Figura 5.2 y Figura 5.1).

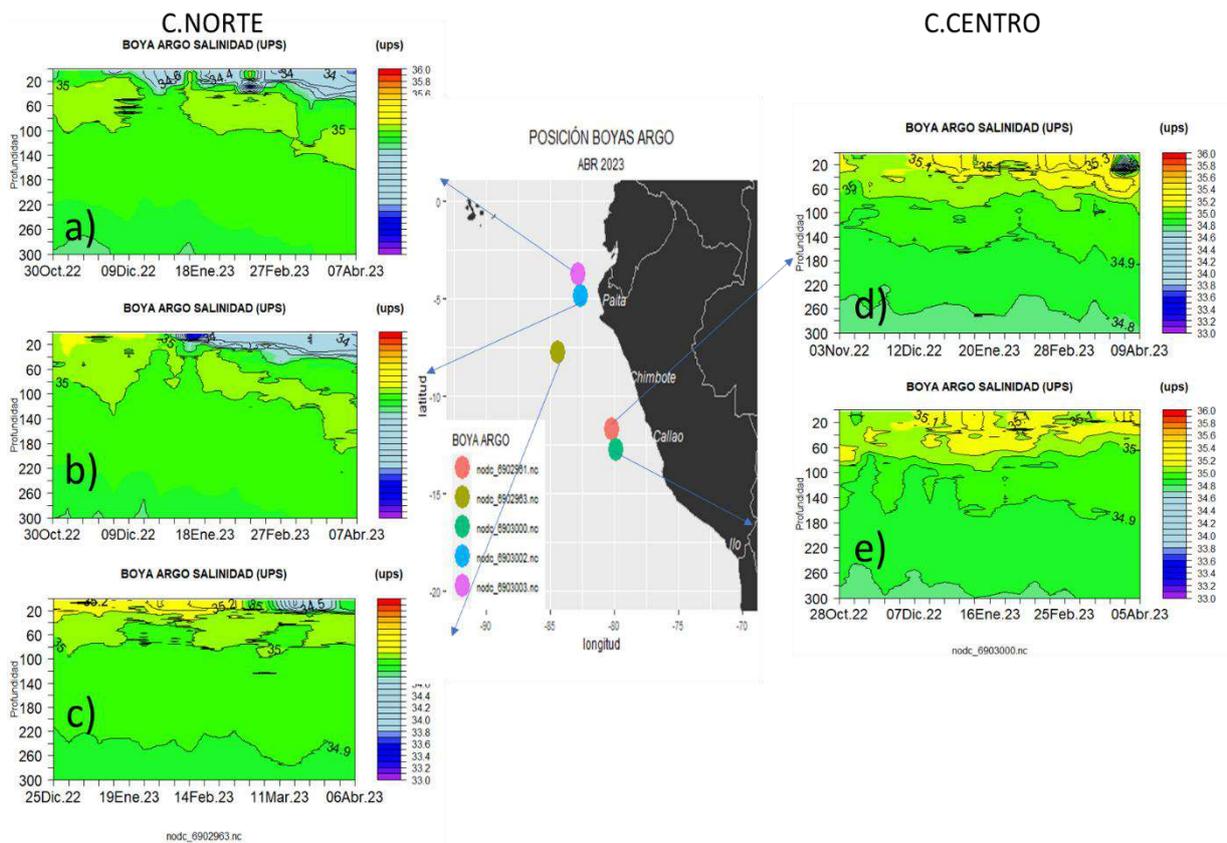


Figura 2.3.2. Salinidad del mar en los flotadores ARGO a) 6903003, b) 6903002, c) 6902963, d) 6902961 y e) 6903000 durante el mes de marzo 2023. Fuente ARGO. Elaboración DIHIDRONAV.

2.4. NIVEL DEL MAR

En la franja ecuatorial se registró la llegada y desarrollo de anomalías positivas de nivel a la región oriental a inicios y en la segunda quincena de marzo 2023, abarcando desde los 160°W hasta la costa sudamericana y detectándose el arribo de un núcleo de anomalías positivas para la segunda semana del mes. Sin embargo, en la región occidental se desarrolló un núcleo de anomalías negativas, que alcanzó los 170°W con dirección a la región central para fines de marzo (Figura 2.4.1 a). Por otra parte, en la extensión de la franja de 60 millas, se apreció la llegada de la onda Kelvin cálida durante la segunda semana de marzo, desarrollando un incremento intenso y alcanzando hasta +8cm de anomalía al norte de los 12°S para fines de marzo e inicios de abril (Figura 2.4.1 b).

Asimismo, en todo el litoral se apreció un incremento de las anomalías desde la segunda semana de marzo, alcanzando un valor de +20cm al norte de Chimbote durante la segunda quincena del mes y de +5cm frente al litoral sur. Asimismo, para los primeros días de abril se registró anomalías superiores a +25cm frente al litoral norte y centro; mientras que de +10cm para el sur (Figura 2.4.1 c, Tabla 2.4.1).

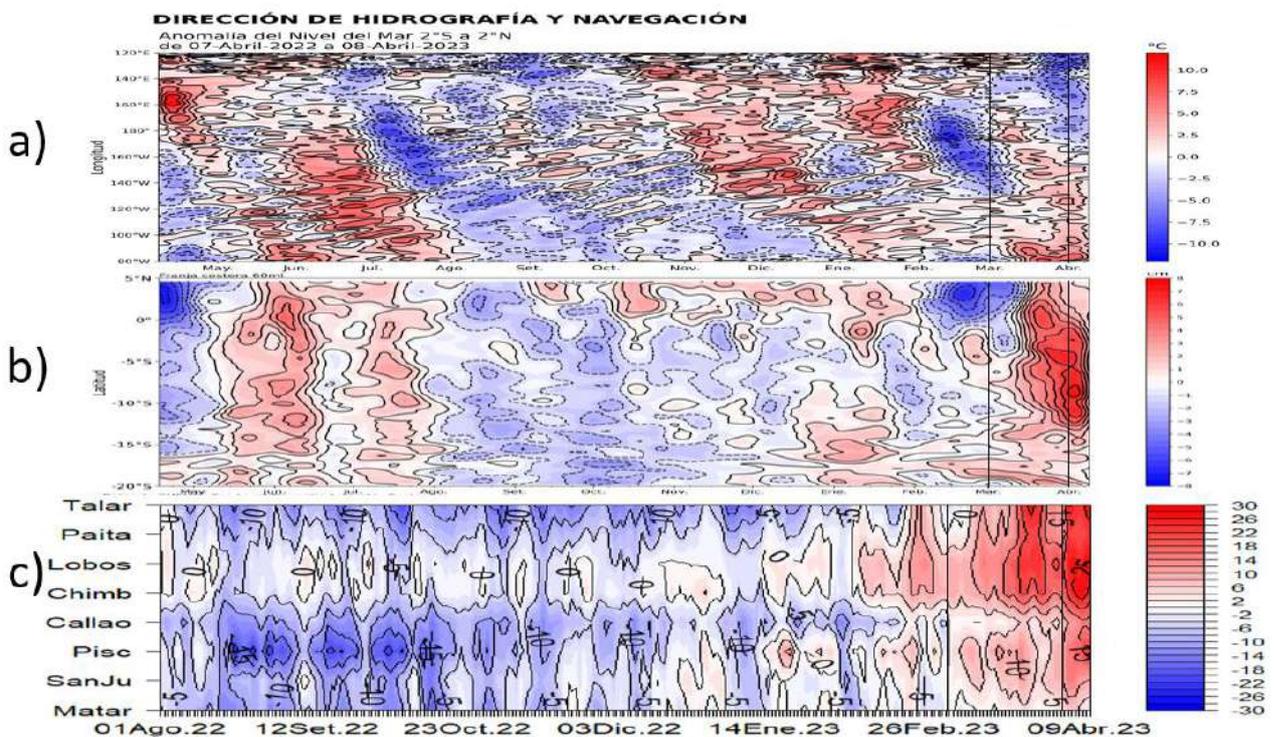


Figura 2.4.1. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar (cm) en a) la región del Pacífico ecuatorial (02°N – 02°S), b) el promedio entre 60 millas y la costa de Ecuador y Perú (02°N - 20°S) y c) en el litoral de Perú. Periodo de abril 2022 a marzo 2023 Fuente: DIHIDRONAV.

Estación	ATSM 2022	ATSM 2023			ANMM 2022	ANMM 2023		
	Dic	Ene	Feb	Mar	Dic	Ene	Feb	Mar
Talara	-0.4	0.8	0.7	4.1	-11	-10	-1	10
Paita	0	-1.4	0.4	2.9	-5	-4	2	11
Isla Lobos de Afuera	-0.6	-1.2	0.1	3.0	-2	1	7	16
Salaverry	+0.7	-0.2	-0.8	3.2	-	-	-	-
Chimbote	-0.4	-2.0	0.2	3.0	0	-2	6	14
Callao	+0.2	-0.1	0.2	2.3	-7	-8	-5	3
San Juan	+0.7	-0.5	0.2	1.8	-1	-3	-2	5
Mollendo	-0.7	-0.9	-0.6	-0.5	-3	-2	-3	2
Ilo	0	-0.5	0.8	0	-	-	-	-

Tabla 2.4.2. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y nivel medio del mar (cm) en estaciones costeras de diciembre 2022 a marzo 2023. Fuente: DIHIDRONAV.

2.5. VIENTOS

Frente a toda la costa de Perú, el viento del sudeste se presentó debilitado al norte de los 05°S, favoreciendo el incremento térmico del agua del mar durante todo el mes de marzo. Mientras que, al sur de esta latitud se presentaron intensos estos vientos a inicios y finales de mes, registrándose una condición debilitada de la velocidad del viento a mediados de mes; sin embargo, para inicios de abril hubo un nuevo debilitamiento del viento frente a la costa al sur entre los 05°S y 10°S. Este comportamiento del viento habría favorecido el incremento de la temperatura del mar frente a Perú durante marzo y los primeros días de abril, principalmente frente a la costa norte y parte de la centro. Asimismo, para inicios de abril se mantienen sobre lo normal los vientos frente a la costa sur (Figura 2.5.1, Figura 2.5.2 y Figura 2.1.3).

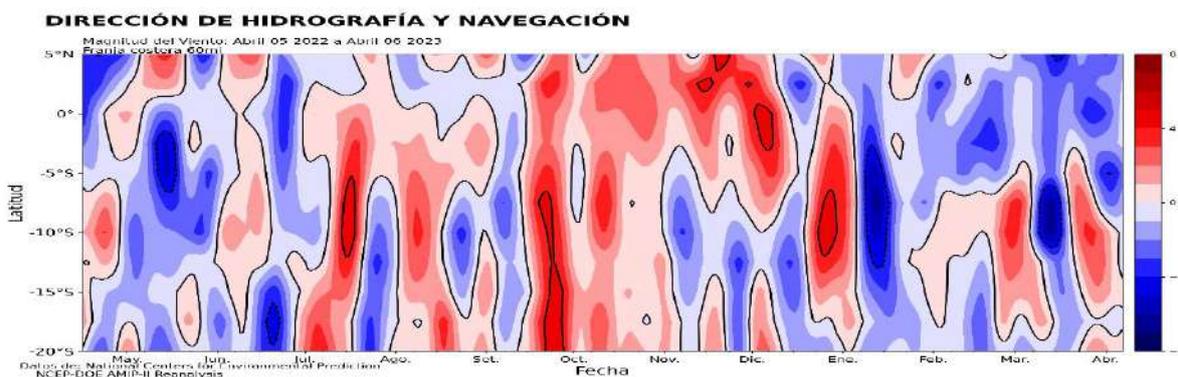


Figura 2.5.1. Anomalía de la velocidad del viento (m/s) a 60 millas frente a la costa de Perú, entre los 05°N y 20°S, de abril 2022 a marzo 2023. Fuente: NCEP. Elaboración: DIHIDRONAV.

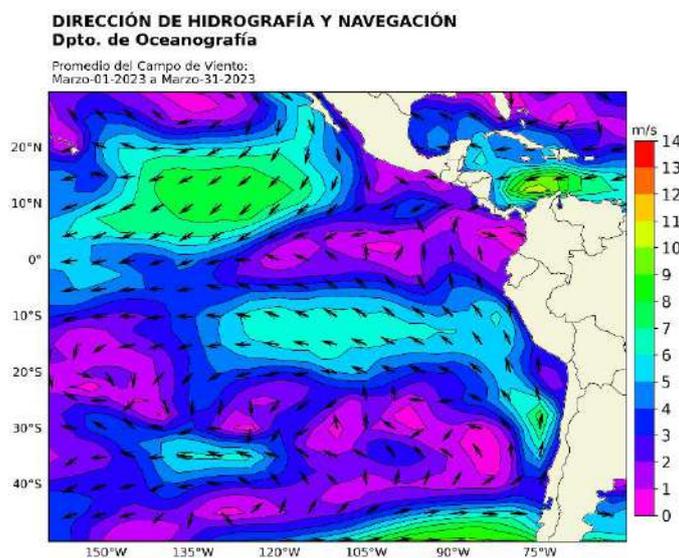


Figura 2.5.2. Circulación atmosférica a nivel del mar promedio para el mes de marzo de 2023. Fuente: NCEP. Elaboración: DIHIDRONAV.

3. PRONÓSTICO

Según los modelos observados NMME, las condiciones en la región Niño 3.4 continúan direccionándose a una normalización de las condiciones, indicando una condición dentro del rango neutro de El Niño para el ONI de febrero 2023; posteriormente, el promedio de los modelos muestra un posible paso a una condición cálida débil para junio 2023. Asimismo, se pasaría a una condición moderada para setiembre de 2023 (Figura 2.6.1).

Mientras que, para el pronóstico de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 se continúa presentando una tendencia ascendente, presentándose dentro del rango cálida débil del ICEN a partir de febrero 2023 y que pasa el valor de 1.5 para marzo, que corresponde a cálido moderado. La temperatura promedio mensual podría alcanzar una condición cálida fuerte durante mayo 2023, conforme al promedio de los modelos sería un valor mayor a 2, lo que podría dar a un inicio de un evento El Niño costero. Se mantienen anomalías positivas predominantes desde enero 2023 (Figura 2.6.2).

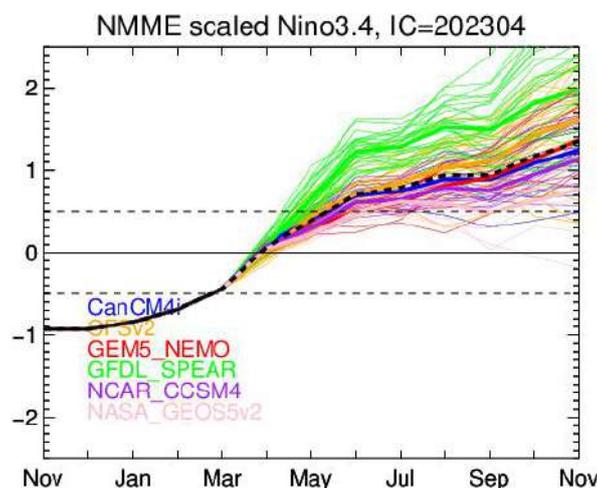


Figura 3.1. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

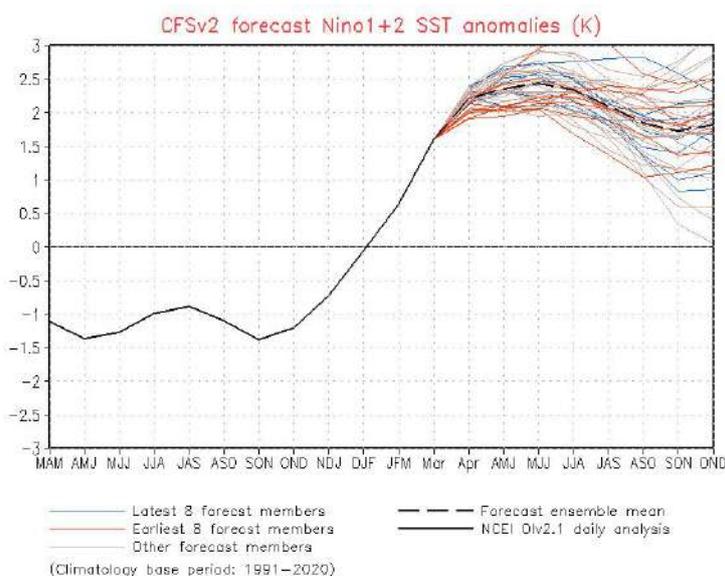


Figura 3.2. Pronóstico de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2. Fuente: CFSv2.

4. CONCLUSIONES

En el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) presentó valores dentro de su normal, pero con una aparente tendencia al incremento de la temperatura, aunque presentando una condición dentro de lo normal, presentando este mismo comportamiento en el resto de la región ecuatorial; sin embargo, en la región Niño 1+2 el incremento fue muy intenso, desarrollando una condición cálida rápidamente. La anomalía térmica en esta región alcanzó un valor de -0.16°C y en el extremo oriental (región Niño 1+2) fue de 1.40°C , desarrollando valores positivos cerca de la costa sudamericana. Debido a esto, en el extremo oriental se registraron anomalías positivas intensas durante todo el mes de marzo, con un segundo incremento para fines de mes e inicios de abril, debiéndose también al debilitamiento del viento del sudeste frente a la costa norte-centro y del APS.

Durante el mes de marzo, se mantuvieron las anomalías de vientos del oeste sobre todo el Pacífico ecuatorial, favoreciendo así a la disminución de las anomalías negativas de temperatura en estas regiones, el desarrollo de ondas cálidas y favoreciendo al incremento térmico. Mientras que, en la región oriental se presentó un intenso incremento de la temperatura producto de los vientos del oeste persistentes.

En el litoral peruano, durante marzo, se incrementaron las anomalías cálidas de TSM, alcanzando valores intensos a partir de la segunda semana de marzo. Asimismo, el nivel del mar también mostró este comportamiento desde la segunda quincena, debiéndose al desarrollo de núcleos positivos en el extremo oriental de Pacífico ecuatorial durante el mes y del ingreso de aguas provenientes del norte hacia la costa norte y centro de Perú.

Considerando la tendencia de las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central, se espera que la magnitud del valor del índice ONI en el Pacífico central continúe incrementando, esto se debería al incremento de núcleos positivos de temperatura. Asimismo, es posible se presente un valor del ONI positivo para marzo, pero dentro del rango neutro.

Para la región Niño 1+2 (frente a la costa norte de Perú), se presentó anomalías positivas durante marzo gracias al debilitamiento del APS y de los vientos del sudeste frente a la costa. Asimismo, el valor del ICEN continuaría incrementando para los próximos meses, indicando un valor dentro del rango cálido a partir de febrero de 2023.

5. CRUCERO OCEANOGRÁFICO

Frente a la costa centro-norte de Perú se registró temperaturas de hasta 29°C al norte de los 09°S, estando la isoterma de 28°C alrededor de 50 millas de la costa y desarrollando anomalías de hasta +8°C desde la superficie hasta los 50m y 80m frente a la costa norte y centro, respectivamente. Estas aguas cálidas corresponden a las AES* (34.8-33.8 PSU*) y ATS* (<33.8 PSU*), observándose estas últimas hasta Chicama. Asimismo, la isoxígena de 0.5ml/L se registró por debajo de los 130m al norte de los 09°S, así como un flujo del norte que se presentó intenso hasta Chicama, el cual habría ingresado las aguas cálidas en la superficie y oxigenando a profundidad (Figura 5.1 y 5.2).

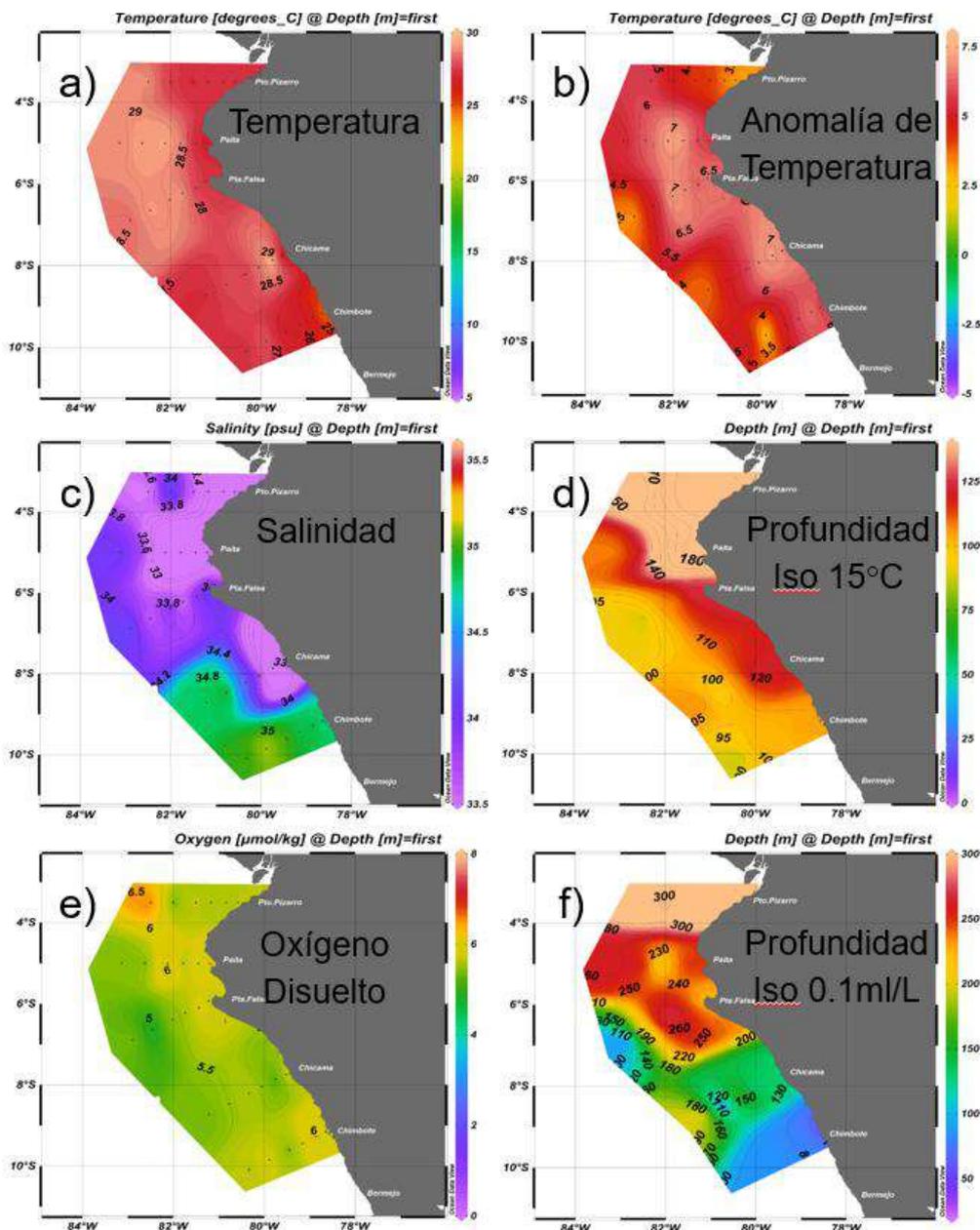


Figura 5.1. Secciones espaciales de a) temperatura, b) anomalía de temperatura, c) profundidad de la isoterma de 15°C, d) salinidad, e) oxígeno disuelto, y f) profundidad de la ZMO. Periodo del 18 de marzo al 24 de marzo de 2023. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

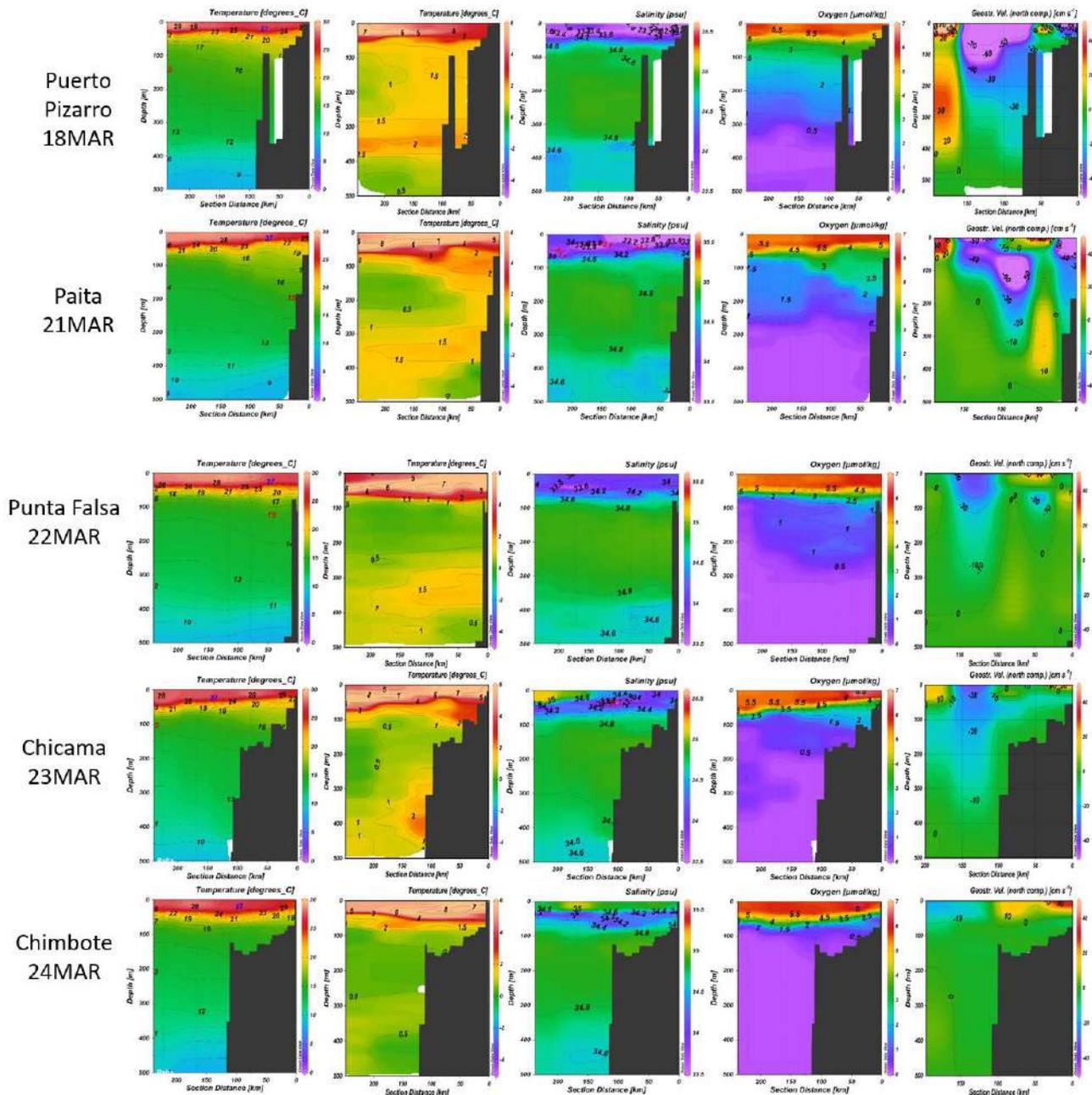


Figura 5.2. Perfiles frente a la costa peruana de temperatura, anomalía de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y flujos geostroficados (de izquierda a derecha). Periodo del 18 al 24 de marzo de 2023. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

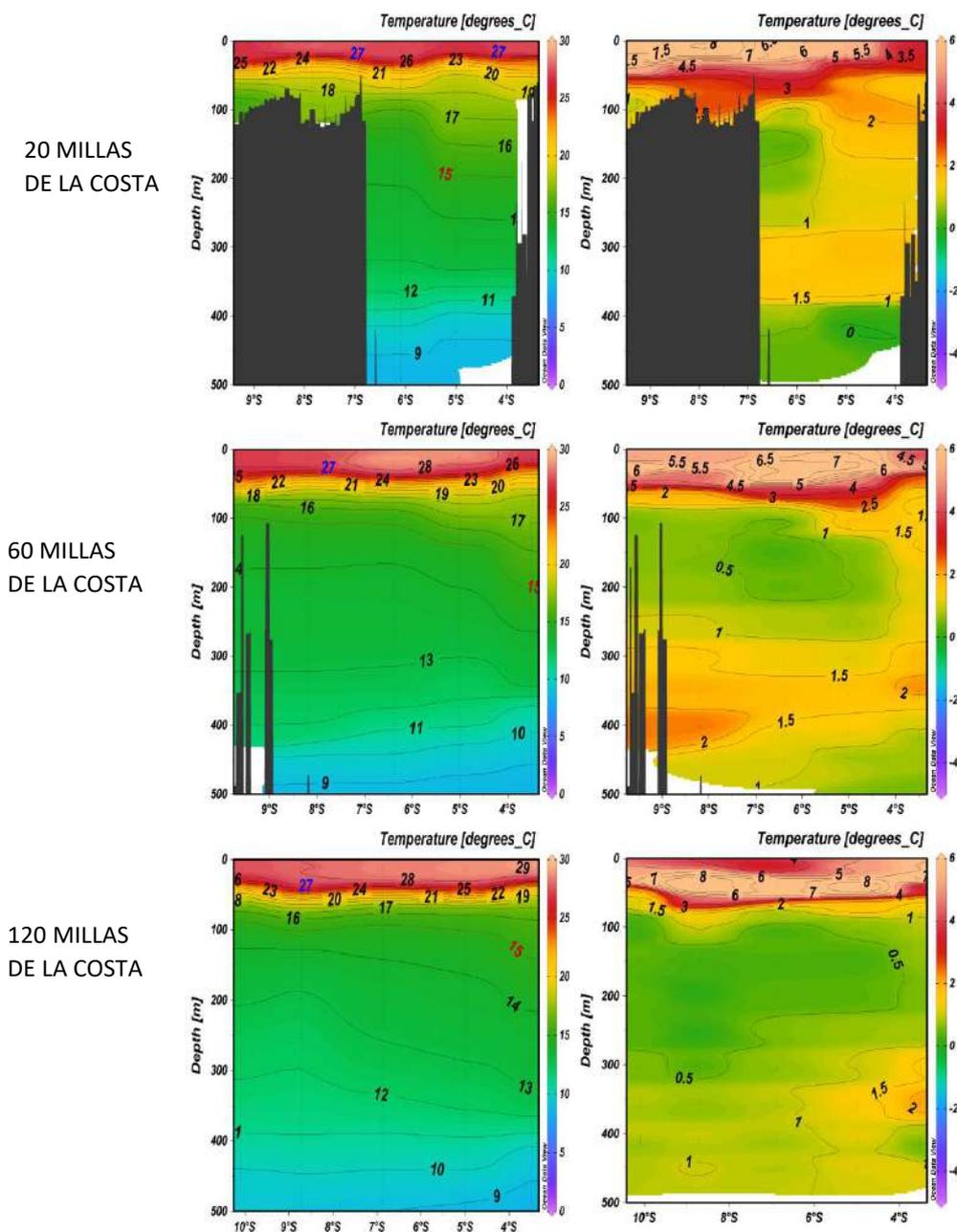


Figura 5.3. Secciones transversales de temperatura a 60 y 120 millas de la costa. Periodo del 18 de al 24 de marzo de 2023. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.