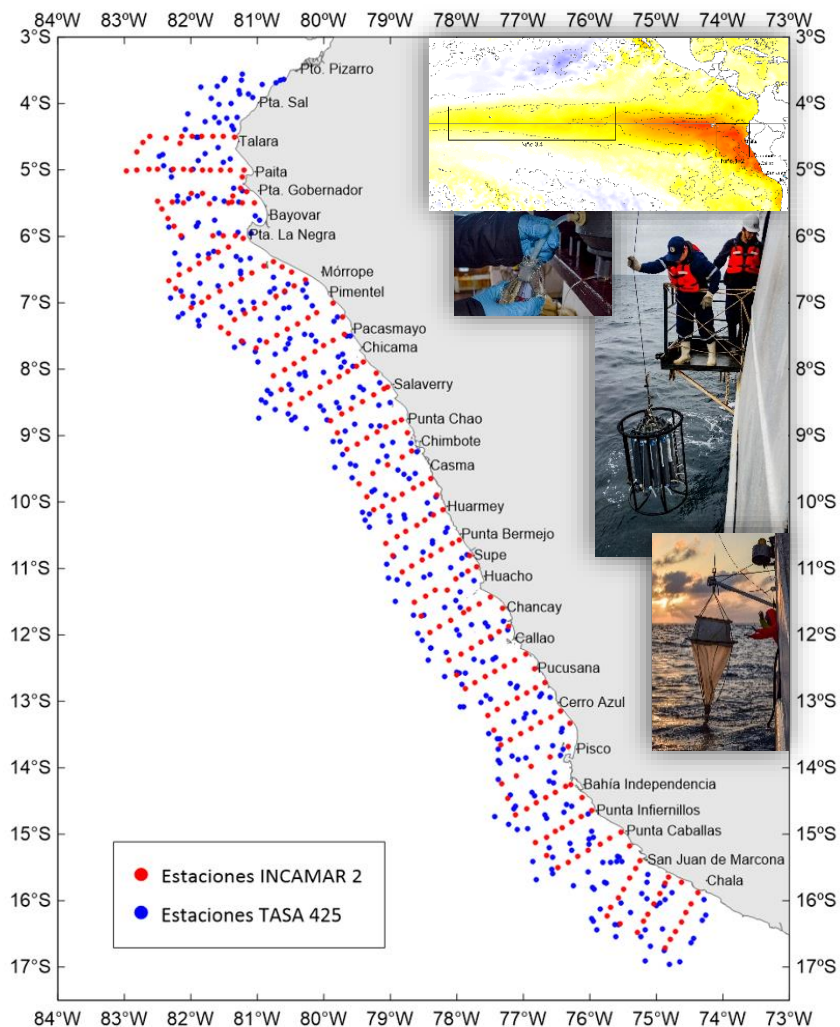




“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

# CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL MAR PERUANO DURANTE EL CRUCERO REGIONAL XXVI



## INFORME FINAL DE PERÚ CPPS-2023





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CONTENIDO

RESUMEN .....	6
1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. OBJETIVOS .....	7
2.1. Objetivo general .....	7
2.2. Objetivos específicos .....	7
3. METODOLOGÍA.....	8
4. CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO CLIMÁTICO Y OCEANOGRÁFICO REGIONAL .....	9
5. RESULTADOS .....	11
5.1. Componente Oceanográfico .....	11
5.1.1. Distribución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie del mar ..	11
5.1.2. Distribución de nutrientes y clorofila-a en la superficie del mar.....	11
5.1.3. Estructura vertical termohalina y del oxígeno disuelto .....	12
5.1.4. Estructura vertical de nutrientes y clorofila-a .....	13
5.1.5. Estructura meridional de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto .....	13
5.1.6. Profundidad de la base de la termoclina oceánica y costera .....	13
5.1.7. Masas de agua .....	14
6. DISCUSIÓN.....	14
7. CONCLUSIONES .....	16
8. PARTICIPANTES.....	17
9. RECONOCIMIENTOS .....	18
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
11. FIGURAS.....	22
12. TABLAS.....	34





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mapa de las estaciones realizadas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-sección Perú, ejecutado de setiembre a octubre del 2023. Procesamiento: IMARPE.	22
<b>Figura 2</b>	Series de tiempo de los índices climáticos: a) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015), b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), c) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), d) Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017) y e) Índice Multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015), respectivamente, desde el año 2010 hasta febrero del 2024. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	23
<b>Figura 3</b>	Presión atmosférica a nivel del mar (a y b) y sus anomalías (c y d) para el promedio mensual de setiembre y octubre del 2023. Climatología 1991-2020. Fuente: NCEP-NCAR. Procesamiento: LMOECC/AFIOFDGIOCC/IMARPE.	24
<b>Figura 4</b>	Distribución espacial promedio de la velocidad (m/s) y dirección del viento (°) para a y b, así como sus anomalías (c y d) en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre y octubre del 2023. Climatología: QuikSCAT-ASCAT 2000-2014. Fuente: ASCAT. Procesamiento: LCSR/IMARPE.	24
<b>Figura 5</b>	Distribución espacial promedio de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, $cm.s^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste, durante setiembre (a) y octubre (b) del 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	25
<b>Figura 6</b>	Variación latitudinal de las anomalías diarias del nivel del mar (cm) para la franja de 60 mn adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S, sin filtrar (a) y con un filtro pasa banda de 10-60 días (b), actualizado al 31 de mayo del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	25
<b>Figura 7</b>	Diagramas Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin ecuatoriales en el océano Pacífico ecuatorial entre 130°E y 95°W forzado con anomalías del esfuerzo del viento ( $N/m^2$ ) del NCEP (Kalnay et al., 1996) de acuerdo con la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002): a) Modo 1, b) Modo 2 y c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal de color verde indica la fecha del inicio del pronóstico (17 de mayo del 2024) con anomalías del esfuerzo del viento igual a cero. Los valores negativos corresponden a ondas Kelvin de afloramiento “frías” y están representadas por flechas discontinuas de color blanco. Los valores positivos corresponden a ondas Kelvin “cálidas” cuya propagación está representada por flechas de color negro para el modo 1 (flecha sólida) y modo 2 (flecha discontinua). Datos del modelo: LMOECC/AFIOFDGIOCC/IMARPE.	26
<b>Figura 8</b>	Distribución espacial promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para a y b, así como sus anomalías (c y d) en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020. Fuente: OSTIA. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	26
<b>Figura 9</b>	Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre (a) y octubre (b) del 2023. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: LHFMAFIOFDGIOCC/IMARPE.	27





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

<b>Figura 10</b>	Distribución espacial de la a) temperatura superficial del mar (°C) y b) las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	27
<b>Figura 11</b>	Distribución espacial de la a) salinidad superficial del mar y b) las anomalías de la salinidad superficial del mar, registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	28
<b>Figura 12</b>	Distribución espacial del a) oxígeno superficial del mar (mL/L) y b) las anomalías del oxígeno superficial del mar (mL/L), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	28
<b>Figura 13</b>	Distribución espacial a nivel superficial de a) fosfatos (µM), b) silicatos (µM), c) nitratos (µM), d) nitritos (µM) y e) clorofila (µg.L <sup>-1</sup> ), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.	29
<b>Figura 14</b>	Distribución vertical de la temperatura (a, b, c, d, e y f), anomalías térmicas (g, h, i, j, k y l), salinidad (m, n, ñ, o, p y q) y anomalías halinas (r, s, t, u, v y w) en las secciones verticales frente a Punta Gobernador (a, g, m y r), Punta La Negra (b, h, n y s), Chicama (c, i, ñ y t), Chimbote (d, j, o y u), Callao (e, k, p y v) y San Juan de Marcona (f, l, q y w), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	30
<b>Figura 15</b>	Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las secciones verticales frente a Chicama (a), Callao (b) y San Juan de Marcona (c), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	31
<b>Figura 16</b>	Distribución vertical de los fosfatos (a, f), silicatos (b, g), nitratos (c, h), nitritos (d, i) y clorofila-a (e, j) en las secciones verticales frente a Paita (a, b, c, d y e) y Chicama (f, g, h, i y j), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.	31
<b>Figura 17</b>	Estructura meridional de la a) temperatura del mar (°C), b) salinidad y c) concentración del oxígeno disuelto (mL/L) a 100 km de la costa peruana, registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.	32





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- Figura 18** Profundidad (m) de la isoterma de 15 °C (a) y de la isoterma de 20 °C (b). 32  
Determinadas a partir de las mediciones registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.
- Figura 19** Diagrama T/S determinado a partir de las mediciones registradas durante el XXVI 33  
Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1** Valores promedio mensuales del Índice Niño Oceánico (ONI), Índice Costero El Niño 34  
(ICEN), Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y el índice LABCOS. Las estimaciones se obtuvieron de Huang et al., 2017, Takahashi, et al., 2014, Quispe et al., 2016 y Quispe y Vásquez, 2015.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL MAR PERUANO DURANTE EL CRUCERO REGIONAL XXVI

### INFORME FINAL DE PERÚ

*Katherine Vásquez, Dimitri Gutiérrez, Luis Vásquez, Carmen Grados, Jesús Ledesma, Enrique Tello, Daniel Quispe, David Correa, Carlos Quispe, Adolfo Chamorro, Cristhian Asto, Noel Domínguez, Walter García, Jaime Aquino.*  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

#### RESUMEN

En este informe se presentan los resultados de la XXVI edición del crucero que evaluó el escenario oceanográfico y atmosférico adyacente del mar peruano del 20 de setiembre al 04 de noviembre del 2023, como parte del Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste del 2023. El crucero se desarrolló desde la zona frente a Puerto Pizarro (3,5°S) hasta Chala (15,8°S), a bordo de las embarcaciones E/P INCAMAR 2 y E/P TASA 425, dentro de las 100 mn. En el contexto climático los índices para la región Niño 3.4 (ONI y MEI v2), región Niño 1+2 (ICEN) y locales (ITCP y LABCOS), indicaron condiciones caracterizadas por el desarrollo de El Niño 2023-2024 y sus manifestaciones en el mar peruano. Entre setiembre y octubre 2023, la información atmosférica y oceanográfica del crucero, fue modulada por procesos regionales/locales asociados a la propagación y arribo de una onda Kelvin cálida, seguida de una onda Kelvin fría, aunados a la intensificación de los vientos alisios del sudeste durante la última semana de setiembre. Es así que, a nivel superficial ocurrió calentamiento térmico de intensidad débil a moderada (+1 °C y +2 °C) al sur del Callao (12°S) y condiciones cálidas de fuerte intensidad (+2 °C y +4 °C) hacia el norte. La salinidad indicó la intromisión de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) hasta Paita (5°S), y el acercamiento inusual de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia la costa entre Paita y Chimbote (9°S), determinando anomalías entre +0,1 y +0,2 hasta los 8°S. Al sur de esta latitud predominaron condiciones neutras, debido a intensos procesos de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) hasta Bahía Independencia (14,3°S), así como una amplia cobertura de las ACF hacia el sur. Los nutrientes presentaron una distribución pobre en sectores oceánicos, mientras que, dentro de las 30 mn costeras, se incrementaron dentro de las celdas de afloramiento, particularmente en los fosfatos y silicatos. En la columna de agua, desde Punta Gobernador (5,3°S) hasta Chicama (7,7°S), la isoterma de 15 °C se presentó profundizada (150-100 m) y la isohalina de 35,1 se ubicó sobre los 70-80 m. Al sur de Chimbote, se detectó afloramiento costero y con mayor intensidad hacia el sur, evidenciado por la normalización de las condiciones termohalinas y una mayor concentración de nutrientes en Chicama, con respecto a Paita. Conforme a la evolución de los distintos índices regionales y locales, el crucero confirmó el debilitamiento de la intensidad de El Niño en la región Niño 1+2 y frente a la costa peruana.

**PALABRAS CLAVE:** océano Pacífico sudeste, El Niño 2023 - 2024, afloramiento costero, termoclina, vientos alisios del sudeste, masas de agua, ondas Kelvin, ZMO, nutrientes.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## 1. INTRODUCCIÓN

El océano Pacífico sudeste (PSE) presenta condiciones oceanográficas y meteorológicas particulares, como resultado de los procesos de interacción océano-atmósfera a diferentes escalas espaciales y temporales, dentro de las cuales se encuentran las variaciones climáticas de frecuencia interanual asociadas a El Niño-Oscilación Sur (ENOS), con efectos distintivos en los países de la región. Como resultado de los impactos producidos en la región, en el contexto de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) se estableció el programa Estudio Regional del Fenómeno de El Niño (ERFEN; CPPS, 2013) conformado por instituciones especializadas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Entre las acciones conducentes a un mejorado monitoreo y vigilancia de ENOS, se consideró el monitoreo periódico de variables océano-atmosféricas en estaciones fijas, así como el desarrollo de cruceros oceanográficos coordinados entre los países de Colombia, Ecuador, Perú y Chile; acción última que se fortaleció desde 1998 cuando se realizó el primer crucero oceanográfico regional coordinado.

Este informe presenta los resultados de la XXVI edición del crucero realizado por Perú entre el 20 de setiembre y el 04 de noviembre 2023, en el cual participaron dos embarcaciones pesqueras; E/P INCAMAR 2 y E/P TASA 425. El objetivo general fue documentar la variabilidad de las propiedades físicas y químicas del océano y la atmósfera adyacente en setiembre y octubre 2023 con la finalidad de contribuir al pronóstico en el periodo entre noviembre/diciembre de 2023 y marzo/abril de 2024.

En un contexto climático, los índices de macroescala como el Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017) y el Índice Multivariado ENOS (MEI.v2; Wolter and Timlin, 1993, 1998 y 2011, y Kobayashi et al., 2015) pasaron el umbral de neutro positivo a una condición cálida con un valor de +0,5 en mayo y julio de 2023, respectivamente, alcanzando su máxima intensidad (+2,0 y +1,13, respectivamente) en diciembre de 2023. En el Pacífico Sudeste, el Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014 y ENFEN, 2012) para la región Niño 1+2 traspasó el umbral de las condiciones cálidas en febrero de 2023 y alcanzó su máximo valor (+2,94) en julio, para declinar paulatinamente hasta +1,61 en diciembre de 2023. Asimismo, de acuerdo a la Comisión ENFEN del Perú, se mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que se espera que El Niño en la región Niño 1+2 continúe por lo menos hasta inicios de otoño de 2024, como consecuencia general de la evolución del evento (ENFEN, 2023d).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

El objetivo general del crucero fue documentar la variabilidad de las propiedades físicas y químicas del océano y la atmósfera adyacente en setiembre y octubre 2023 con la finalidad de contribuir al pronóstico en el periodo entre noviembre/diciembre de 2023 y marzo/abril de 2024.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Describir las condiciones océano-atmosféricas a macroescala en el Pacífico tropical y sus efectos en la dinámica regional.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- Describir las condiciones oceanográficas en el Pacífico tropical y sur oriental registradas durante el periodo del crucero.
- Analizar las condiciones océano-atmosféricas durante el periodo del crucero para contribuir al diagnóstico del escenario climatológico a corto plazo y la previsión de las condiciones ENOS en la región en el verano austral 2023-2024, en apoyo al diagnóstico regional del Comité ERFEN.

### 3. METODOLOGÍA

Se registró la temperatura superficial del mar (TSM) con un termómetro de mercurio. Para el análisis de la salinidad superficial del mar (SSM), se colectaron muestras en frascos de 100 ml analizadas a bordo con un *Portasal Guildline 8410a*. Asimismo, se colectaron muestras para análisis de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a en estaciones seleccionadas. Se realizaron secciones hidrográficas (Figura 1) frente a Punta Gobernador (80 mn), Punta La Negra (80 mn), Chicama (100 mn), Chimbote (60 mn), Callao (60 mn) y San Juan de Marcona (60 mn), hasta las 60-100 mn de la costa y una profundidad de 500 m.

Las estaciones profundas se realizaron con lanzamientos de CTD SEA Bird Electronic (SBE) hasta los 500 m de profundidad y se registró la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, a una resolución de 1 m hasta la profundidad de lanzamiento. La caracterización de las masas de agua se realizó de acuerdo a Grados et al (2018).

La toma de muestras superficiales se realizó mediante un recipiente de plástico (balde) y las de profundidad con botellas Niskín a niveles estándares de: 0, 10, 25, 50, 75, 100, 200 y 300 m. Las muestras de oxígeno se analizaron a bordo por el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1966). Las muestras de clorofila-a fueron filtradas a bordo con filtros Whatman GF/F de 2,5 cm de diámetro y preservadas en refrigeración hasta su respectivo análisis en el laboratorio de la sede central del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Para la determinación de la clorofila-a se aplicó el método fluorométrico de Yentsh y Menzel (1963) y Holm-Hansen et al., 1965, mientras que, para la determinación de los nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos), las muestras fueron colectadas en frascos de polietileno de 250 ml y preservadas por congelamiento de acuerdo a las técnicas descritas por Strickland y Parson (1972). La medición se realizó utilizando un espectrofotómetro Lambda 365 marca Perkín Elmer.

Complementariamente, se analizaron las condiciones físicas para los meses de setiembre y octubre 2023 en base a información satelital. El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se caracterizó mediante la presión atmosférica superficial del National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP/NOAA) según Kalnay et al., 1996, disponible en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Para el viento promedio a 10 m de la superficie del mar, se empleó información del escaterómetro ASCAT, procesada por el Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer/Centre de Recherche et d'Exploitation Satellitaire (IFREMER/CERSAT, 2005), disponible en <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer>; complementada con información histórica generada por el modelo Atmosférico del Sistema de Pronostico Global (GFS, por sus siglas en inglés), disponible en [https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep\\_global.html](https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html). La TSM y (SSM), se caracterizaron con los productos OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al., 2012) disponible en <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0> y del GLOBAL\_ANALYSISFORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J. M. et al., 2013) disponible en





PERÚ

Ministerio  
de la Producción



IMARPE  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

[https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL\\_ANALYSISFORECAST\\_PHY\\_001\\_024/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024/description). La anomalía del nivel del mar (ANM) y los flujos geostróficos (FG) se documentaron con el producto SEALEVEL\_GLO\_PHY\_L4\_NRT\_008\_046 disponible mediante el Copernicus Marine Service Information (CMEMS) del Programa Copernicus de la Unión Europea en [https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL\\_GLO\\_PHY\\_L4\\_NRT\\_008\\_046/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_NRT_008_046/description); las ANM consideran una climatología del 1993-2012 según Schaeffer et al., 2016 y Pujol et al., 2016. Asimismo, tomando en cuenta la base de datos de altimetría se determinó una nueva climatología (1993-2010) a partir de la altura del nivel del mar sobre el geoide (ADT), obteniendo datos de ANM a los cuales se le aplicó un 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 con una frecuencia diaria. Para la detección de la propagación de las ondas Kelvin ecuatoriales (OKE), se ejecutó un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, implementado en IMARPE y que fue forzado con anomalías del esfuerzo del viento ( $N/m^2$ ) del NCEP (Kalnay et al., 1996), de acuerdo con la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002).

Finalmente, el escenario regional de setiembre y octubre de 2023 se analizó en un contexto interanual en base a la evolución mensual de índices climáticos ([http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id\\_seccion=I0178090000000000000000](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=I0178090000000000000000)) de carácter local como el Índice Laboratorios Costeros (LABCOS; Quispe y Vásquez, 2015) y el Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), regional como el Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014) y de macroescala como el Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017) y el índice multivariado ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin, 1993, 1998 y 2011, y Kobayashi et al., 2015).

#### 4. CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO CLIMÁTICO Y OCEANOGRÁFICO REGIONAL

Los índices de macroescala ONI y MEI v2 (Figura 2 d y e) durante el último año mostraron un comportamiento similar con una tendencia al aumento, variando de valores negativos propios de un evento La Niña en el 2022 a valores positivos de +0,5 en mayo y julio 2023, respectivamente, indicando la transición a un evento ENOS El Niño y que habría alcanzado su mayor intensidad en diciembre con valores de +2,0 y +1,13, respectivamente. Por su parte el índice regional ICEN (Figura 2 c) y los índices locales LABCOS e ITCP (Figura 2 a y b), también mostraron un incremento sostenido en sus valores desde diciembre 2022, cruzando el umbral de las condiciones cálidas en febrero 2023 (ENFEN, 2023a), a diferencia del ONI y el MEI v2 que recién cruzaron el umbral a condiciones cálidas en mayo y julio, respectivamente. Los valores máximos de los índices locales y regionales fueron +3,54 (LABCOS) y +2,3 (ITCP) en mayo 2023 y +2,94 (ICEN) en julio 2023, permaneciendo la condición fuerte para el LABCOS e ICEN hasta octubre y noviembre del 2023, respectivamente.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en los meses de setiembre y octubre 2023, presentó una intensidad de 1026,6 hPa y 1027,6 hPa, indicando valores más intensos de sus valores climatológicos en +1,9 hPa y +3,3 hPa, respectivamente. En cuanto a la ubicación del APS, para setiembre se ubicó en promedio en los 107°W y 30°S, desplazado al oeste de su posición habitual, mientras que, en octubre continuó desplazado hacia el oeste y se ubicó en los 110°W y 32,5°S (Figura 3). La dinámica del viento en la zona ecuatorial frente a Ecuador y norte de Perú, tanto en setiembre como octubre, presentó el predominio de vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m/s) con anomalías positivas de la velocidad del viento (VV) dentro del rango neutral (Figura 4). Por otro



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

lado, en la zona costera en promedio durante setiembre y octubre predominaron vientos moderados desde Chimbote hacia el norte y vientos fuertes (mayores a 6,8 m/s) desde la zona centro-sur hacia la zona oceánica, aunque con una mayor intensidad en setiembre con respecto a octubre (Figura 4 a y b). Estas condiciones produjeron anomalías positivas mayores a +1,0 m/s frente a la costa peruana, disminuyendo a valores en el rango neutro hacia la zona oceánica (Figura 4 c y d). El afloramiento costero, inferido a partir del esfuerzo de viento, en general presentó valores sobre lo normal con pulsos superiores a 400 m<sup>3</sup>/s x 100 m frente al sector entre Talara (4,6°S) y Paita y de Pisco (13,7°S) a San Juan de Marcona (15,4°S).

Las anomalías del nivel del mar (ANM) en setiembre mostraron valores sobre lo normal y por encima de +15 cm, principalmente entre Chicama y Callao durante la primera quincena. Posteriormente y hasta octubre, las ANM descendieron en dirección de norte a sur, presentando valores inferiores a +10 cm en gran parte del sector costero (Figura 5 y 6a). En términos de las ANM filtradas, en toda la franja de las 60 mn costeras, se produjo un aumento y posterior disminución de sus valores, aunque con una mayor intensidad en octubre con respecto a setiembre (Figura 6b). Estas condiciones estuvieron asociadas al paso de Ondas Kelvin (OK), que de acuerdo a la simulación del modelo de ondas del IMARPE forzado con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos durante setiembre y octubre del 2023, indicaron la llegada hacia el extremo del Pacífico ecuatorial oriental de una OK cálida seguida de una OK fría (Figura 7 y 6b). Asimismo, entre noviembre 2023 y enero 2024 se espera la llegada a las costas sudamericanas de tres OK cálidas y una OK fría (Figura 7).

De acuerdo a la información satelital, la distribución de la TSM durante setiembre mostró el fortalecimiento de la proyección de aguas de 21 a 24 °C desde la costa norte (Paita) hacia el archipiélago de Galápagos, mientras que, en octubre la isoterma de 24 °C se replegó hasta los 85°W. Por su parte, la banda costera limitada por la isoterma de 20 °C se ubicó en una estrecha franja de Paita hasta Callao en setiembre, proyectándose 30 mn hacia el oeste en octubre. Al sur de Callao, predominó la proyección de las aguas menores a 20 °C, alcanzando temperaturas inferiores a 17 °C entre Pisco y Camaná. Por otro lado, frente a la costa central, las aguas de 22-23 °C continuaron replegándose hacia el oeste, con permanencia de las isotermas de 20-21 °C frente a Huacho (11,2°S) (Figura 8 a y b). Estas condiciones favorecieron a la disminución en intensidad y amplitud del calentamiento anómalo del mar frente a la costa norte y centro, prevaleciendo núcleos cálidos de +3 °C en sectores adyacentes a la costa entre Punta La Negra (6°S) y Callao en setiembre y en sectores oceánicos al norte de Callao en octubre. Además, se observó un episodio de enfriamiento intenso frente a Quilca (16,7°S) en octubre (Figura 8 c y d).

Por su parte, la salinidad superficial del mar (SSM) de acuerdo al modelo MERCATOR, durante setiembre y octubre, mostró la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS, S < 33,8) en el Golfo de Guayaquil. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, 33,8 < S < 34,8) se presentaron entre Tumbes (3,6°S) y Punta La Negra en setiembre, mientras que, en octubre se desplazaron hacia el sur alcanzando la zona entre Talara y Paita, principalmente a partir de la tercera semana de octubre. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS, S > 35,1) en setiembre mantuvieron su influencia frente a la costa norte y su aproximación frente a la costa centro y hasta San Juan de Marcona. En octubre, la intensificación del afloramiento costero favoreció al incremento en cobertura de las aguas costeras frías (ACF) de Chimbote hacia el sur, así como, el repliegue de las ASS hacia el oeste, manteniendo su influencia entre Punta La Negra y Chicama, principalmente (Figura 9).





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Componente Oceanográfico

#### 5.1.1. Distribución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie del mar

A nivel superficial, dentro de las 100 mn de distancia a la costa, el sector comprendido entre Puerto Pizarro y Chala, se caracterizó por presentar condiciones cálidas con TSM entre 14,5 °C (Punta Caballas, 14,9°S) y 26 °C (Puerto Pizarro), y anomalías térmicas entre -1,0 °C y +4,5 °C. Las temperaturas más altas (TSM > 24 °C) se observaron al norte de Cabo Blanco (4,3°S), mientras que, los valores más bajos (TSM < 15 °C) se presentaron hasta las 10 mn de la zona entre Bahía Independencia y Chala. En cuanto a las anomalías, los valores más intensos (> +4,0 °C) se localizaron por fuera de las 80 mn frente a la zona de Punta La Negra a Pimentel (6,8°S) y de forma puntual frente a Cabo Blanco (+4,0 °C), mientras que, los menores valores (< +1,0 °C) se ubicaron de forma puntual frente a Talara, hasta las 20 mn frente al sector entre Huarmey (10°S) y Punta Bermejo (10,2°S), así como frente a Huacho y al sur del Callao (Figura 10). Por su parte, la SSM exhibió valores entre 33,82 (Puerto Pizarro) y 35.38 (~80 mn de Pimentel). Las ATS y las ASS se ubicaron hasta Punta La Negra y Talara, respectivamente. En cambio, las ASS predominaron entre Paita y Chimbote, mientras que, al sur de Chimbote se ubicaron por fuera de las 60 mn y generaron una amplia zona de mezcla con las ACF entre Casma (9,6°S) y Bahía Independencia. Asimismo, las ACF predominaron al sur de la Bahía Independencia y dentro de las 50 mn (Figura 11 a). Estas condiciones fueron predominantemente neutras al sur de Chicama y dieron anomalías mayores a +0,1 hacia el norte (Figura 11 b).

Con relación al oxígeno disuelto, se encontraron valores entre 3,25 mL/L (~65 mn de Punta Caballas) a 7,39 mL/L (~25 mn de Punta La Negra) y anomalías entre -0,7 mL/L y +3,0 mL/L. Los mayores contenidos de oxígeno (> 6,0 mL/L) se ubicaron en núcleos dispersos entre Talara-Punta La Negra, Pacasmayo (7,4°S)-Punta Chao (8,8°S) y desde Cerro Azul (13,1°S) a Pisco, asociadas a una alta actividad fotosintética. Por otro lado, el afloramiento costero estuvo representado por valores menores a 4,0 mL/L y fueron registrados principalmente en las zonas frente a Chicama, Chimbote, al sur de Pisco y frente a San Juan de Marcona (Figura 12 a).

#### 5.1.2. Distribución de nutrientes y clorofila-a en la superficie del mar

La distribución de fosfatos en la superficie del mar presentó concentraciones inferiores a 1,5 µM, principalmente en sectores oceánicos entre Punta La Negra-Salaverry (8,4°S) y frente a Huacho, asociadas a la presencia de aguas cálidas con TSM mayor a 20 °C (Figura 10 a). Hacia la zona costera los fosfatos se incrementaron debido a las celdas recientes de afloramiento con valores de 2,5 µM a 3,5 µM. En este sentido, la mayor intensidad de la surgencia se ubicó entre las latitudes de 14°S a 16°S y dentro de las 20 mn de costa (Figura 13 a). Los silicatos superficiales de ~5,0 µM presentaron una distribución asociada a la presencia de las ASS, mientras que, los silicatos de 10,0 a 20,0 µM se identificaron en las celdas de aguas afloradas con una mayor extensión en la zona costera de Chicama a Chimbote y de Pisco a San Juan (Figura 13 b). Por su parte, los nitratos presentaron concentraciones en un rango predominante de 5,0 a 7,5 µM, y de 7,5 µM a 10,0 µM en una franja costera relacionada al afloramiento, destacando las zonas frente a Chicama, Chimbote, sur de Pisco y San Juan de Marcona (Figura 13 c). Los nitritos superficiales (Figura 13 d)





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

tuvieron concentraciones homogéneas con valores que variaron entre 0,75  $\mu\text{M}$  (frente a Punta La Negra) y 1,5  $\mu\text{M}$  (al sur de Punta La Negra).

Las concentraciones de clorofila-a superficial presentaron concentraciones bajas con un predominio de valores entre 0,24 y 1,82  $\mu\text{g.L}^{-1}$  (Chicama), aunque se detectaron concentraciones ligeramente superiores de Callao a Pisco, con valores de hasta 3,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  frente a Pucusana (12,6°S) (Figura 13 e).

### 5.1.3. Estructura vertical termohalina y del oxígeno disuelto

La sección frente a Punta Gobernador (5,5°S) se realizó entre el 25 y 26 de setiembre a bordo de la E/P INCAMAR 2 (80 mn) y presentó a la isoterma de 15 °C ubicada a 150 m de profundidad. En los primeros 40 m por fuera de las 40 mn, se observó un gradiente térmico débil con valores entre 18 y 20 °C, y una anomalía máxima de +2,0 °C sobre los 25 m de profundidad (Figura 14 a y g). Con relación a la salinidad, se observó a las isohalinas de 35,1 y 35,2 a 70 m y 50 m de profundidad, respectivamente, determinando un incremento de +0,1 y +0,2 con respecto al promedio. Por debajo de los 70 m se presentaron condiciones propias del periodo estacional (Figura 14 m y r).

La sección frente a Punta La Negra se realizó entre el 26 y 27 de setiembre a bordo de la E/P INCAMAR 2 (80 mn) y presentó a la isoterma de 15 °C alrededor de los 120 m de profundidad, con una termoclina (17-21 °C) que fue ascendiendo hacia la superficie al aproximarse a la costa, configurando anomalías térmicas positivas sobre los 10 m de profundidad; además resaltó un núcleo de +4,0 °C por fuera de las 60 mn de costa (Figura 14 b y h). La salinidad evidenció la presencia de ASS mayores de 35,1 sobre los 80 m de profundidad con anomalías halinas entre +0,1 y +0,2, estas últimas ubicadas por fuera de las 60 mn sobre los 50 m. Por debajo de los 80 m, la salinidad presentó valores acordes a la estacionalidad (Figura 14 n y s).

La sección frente a Chicama se realizó el 28 de setiembre a bordo de la E/P TASA 425 (100 mn) y presentó una termoclina (16-20 °C) sobre los 80 m de profundidad y la isoterma de 15 °C alrededor de 100 m, configurando anomalías positivas de +1 a +4 °C (Figura 14 c e i). La salinidad con valores mayores a 35,1, evidenció la presencia de las ASS sobre los 70 m en el sector costero, con anomalías de +0,1 a +0,2, mientras que, por debajo de los 70 m, predominaron condiciones neutras (Figura 14 ñ y t). Por su parte, el oxígeno disuelto mostró el límite superior de la zona de mínimo oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL/L) alrededor de 100 m de profundidad e iso-oxígenas de 1 a 5 mL/L sobre los 100 m (Figura 15a).

La sección frente a Chimbote se realizó el 01 de octubre a bordo de la E/P INCAMAR 2 (60 mn) y presentó a las isotermas de 15 a 20 °C con una tendencia al ascenso hacia la superficie, desde los 100 m de profundidad, y anomalías positivas de hasta +3,0 °C por fuera de las 50 mn (Figura 14 d y j). La salinidad evidenció la presencia de las ASS sobre los 100 m con valores de 35,2 en sectores por fuera de las 50 mn, y de 35,1 dentro de las 50 mn, aunque fueron disminuyendo su volumen conforme se acercaron a la costa y generaron mezcla con las ACF dentro de las 10 mn. Estas condiciones halinas fueron acordes a la climatología (Figura 14 o y u).

La sección frente a Callao se realizó el 03 de octubre a bordo de la E/P TASA 425 (60 mn) y presentó a las isotermas de 15 a 18 °C sobre los 100 m de profundidad, ascendiendo hacia la superficie a medida que se acercaron a la costa, configurando un predominio de anomalías térmicas de +1,0 °C (Figura 14 e y k). La salinidad en general presentó condiciones propias del periodo, con valores de





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

35,1 a distancias mayores de 50 mn configurando la presencia de ASS en la capa de 0-50 m, así como aguas de mezcla (ACF+ASS) dentro de las 50 mn a causa del afloramiento de las ACF cerca de la costa (Figura 14 p y v). El oxígeno disuelto presentó iso-oxígenas de 1 a 5 mL/L, con un límite superior de la ZMO entre los 75 y 50 m de profundidad (Figura 15b).

La sección frente a San Juan de Marcona se realizó el 07 de octubre a bordo de la E/P TASA 425 (60 mn) y presentó un intenso afloramiento dentro de las 40 mn, con la irrupción a la superficie de la isoterma de 15 °C, sector caracterizado por sus condiciones termohalinas climatológicas. Por fuera de las 40 mn, se presentaron ASS asociadas a temperaturas de 17 y 18 °C, generando anomalías entre +1 °C y +3 °C sobre los 150 m (Figura 14 f, l, q y w). La ZMO se ubicó a 150 m de profundidad a 60 mn de distancia a la costa, con tendencia positiva hacia la costa desde 150 a 45 m en las 70 mn costeras. Las iso-oxígenas de 3 a 5 mL/L afloraron a la superficie (Figura 15c).

#### 5.1.4. Estructura vertical de nutrientes y clorofila-a

Los nutrientes en la sección frente a Paita (100 mn), realizada del 23 al 24 de octubre, presentaron concentraciones cercanas a lo habitual típicas del afloramiento. Cerca de la costa se observaron valores de 2,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de fosfatos y 10,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de silicatos. Las concentraciones más elevadas se registraron por debajo de los 100 m de profundidad, con fosfatos entre 2,0 a 3,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , silicatos entre 15,0 a 20,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  y nitratos entre 10,0 a 15,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figura 16 a, b, c y d). Por su parte, la clorofila-a mostró núcleos importantes de productividad, con valores de 2,5 a 5,0  $\mu\text{g.L}^{-1}$  dentro de las 75 mn de costa y sobre los 60 m de profundidad (Figura 16e).

Respecto a los nutrientes en la sección frente a Chicama (100 mn), realizada del 21 al 22 de octubre, se encontraron concentraciones más altas de nutrientes que en la sección frente a Paita dentro de las 30 mn por efecto del afloramiento, con valores de hasta 2,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de fosfatos, 20,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de silicatos y 10,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de nitratos, acorde con la isoterma de 17 °C registrada en la zona costera de Chicama (Figura 16 f, g, h e i). La clorofila-a presentó concentraciones entre 0,1 a 1,0  $\mu\text{g.L}^{-1}$  y en general fueron inferiores a lo encontrado en la sección frente a Paita (Figura 16j).

#### 5.1.5. Estructura meridional de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto

La sección paralela a 100 km de la costa peruana (Figura 17 a y b) exhibió la incursión de las ASS hasta los 50 m, con temperaturas entre 17 y 22 °C y salinidad de hasta 35,3, desde Callao (12°S) hasta Paita (5°S). Al sur de Callao, predominaron valores de salinidad entre 34,8 y 35,0 sobre los 200 m. Por su parte, la concentración del oxígeno disuelto (Figura 17c) presentó valores superiores a 5 mL/L sobre los 50 m al sur de Callao, disminuyendo paulatinamente hacia el norte, predominando valores de 1 mL/L al norte de Chimbote. La oxiclina se observó bien definida alrededor de los 50 m entre los 12°S y 13°S. El tope superior de la ZMO presentó mayor profundidad (150 m) al norte de los 7°S, mientras que, hacia el sur ascendió hasta ~75 m.

#### 5.1.6. Profundidad de la base de la termoclina oceánica y costera

La profundidad de la isoterma de 15 °C (Z15°C) mostró surgencia de Callao al sur, presentándose a profundidades entre 40 y 20 m (Pisco y San Juan de Marcona), mientras que, al norte de los 8°S, la Z15°C se localizó por debajo de los 100 m de profundidad, con un límite de 160-180 m por fuera de las 40 mn de Punta Gobernador (Figura 18a). La isoterma de 20 °C (Z20°C) presentó mayor





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

profundidad (> 30 m) entre los 7°S y 10°S, mientras que, hacia el norte se ubicó a niveles muy someros (10 m), en especial entre Punta Gobernador y Punta La Negra (Figura 18b).

### 5.1.7. Masas de agua

Durante el crucero se identificó la incursión de las AES hacia la costa norte, con un límite sur frente a Talara y una zona de mezcla (AES+ASS) entre Talara y Paita, donde se identificaron aguas con concentraciones entre 34,8 y 35,1 y temperaturas mayores a 18 °C. Por su parte, las ASS con concentraciones mayores a 35,2 y temperaturas mayores a 19 °C ocurrieron en sectores oceánicos a distancias variables de la costa, con mayor acercamiento frente a Punta Gobernador y Chimbote. Las aguas propias del régimen costero de afloramiento (ACF) con concentraciones entre 34,8 y 35,1 y temperaturas entre 14,7 y 17 °C ocurrieron al sur de Chimbote y con mayor proyección hacia la zona oceánica entre Pisco y Atico. Asimismo, la distribución halina mostró grandes zonas de mezcla debido a una fuerte interacción entre las ACF y el acercamiento de las ASS hacia la costa, destacando el sector entre Paita y Chimbote, por presentar un predominio de concentraciones entre 35,1 y 35,2, cerca de la costa. A nivel subsuperficial, se presentaron las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) con concentraciones entre 34,7 y 35 y temperaturas entre 9 y 14 °C frente a la costa norte y centro, mientras que, frente a la costa sur, se identificó una leve influencia de las AIPSE con concentraciones cercanas a 34,8, alrededor de los 50 m a 20 mn de San Juan de Marcona (Figura 14q). Las Aguas Intermedias Antárticas (AIAA) se presentaron por debajo de las 475 m de profundidad, con concentraciones de 34,6 a 34,7 y temperaturas menores a 9 °C por fuera de las 40 mn frente a Punta Gobernador, así como por fuera de las 20 mn frente a Punta La Negra y San Juan de Marcona (Figura 19).

## 6. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas en el Pacífico oriental, especialmente frente al Perú, durante la XXVI edición del crucero regional, indicó la presencia de condiciones cálidas anómalas asociadas con la evolución de El Niño 2023-2024 cuya magnitud entre setiembre y octubre 2023, meses en los cuales se realizó el crucero, fue fuerte, aunque con tendencia a disminuir (Tabla 1; ENFEN, 2023d).

La señal intraestacional de las ondas Kelvin ecuatoriales, indicó el arribo de una OK cálida hacia la costa Sudamericana a inicios de setiembre. Esto favoreció a la proyección de aguas de 21 a 24 °C desde la costa norte (Paita) hacia el archipiélago de Galápagos, así como la incursión de las AES con temperaturas entre 20 y 24 °C hasta Talara y un mayor acercamiento de las ASS hacia la costa norte y centro, apreciándose el incremento (de 80 a 120 m) en la amplitud del calentamiento superior a +2 °C frente a la costa norte y la profundización de la termoclina y oxiclina respecto de sus valores climatológicos frente a Chicama (ENFEN, 2023b). Posteriormente a partir de la segunda quincena de setiembre, las ANM disminuyeron paulatinamente, alcanzando valores inferiores a +10 cm a inicios de octubre, y que fueron favorecidos por la intensificación de los vientos alisios del sudeste durante la última semana de setiembre y por el paso de una OK fría por el norte peruano a inicios de octubre (ENFEN, 2023c). Estas condiciones fueron evidenciadas por los registros de boyas Argo frente a la costa norte, donde las anomalías térmicas de +2 °C se concentraron sobre los 50 m de profundidad e indicaron una disminución respecto al mes de agosto y a las primeras tres semanas de setiembre, una variabilidad que también se observó durante El Niño 2015-2016 (ENFEN, 2023c). En octubre, la propagación de la OK fría frente a la costa peruana, a nivel superficial, favoreció al fortalecimiento de la franja de aguas menores a 20 °C desde Paita hacia el sur, con mayor amplitud





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

al sur de Callao, observándose anomalías entre +2 °C y +3 °C al norte de Callao, indicando una disminución en 1 °C, con respecto a setiembre.

Por su parte, el modelo MERCATOR entre Punta Sal y Chimbote, así como al sur de Pisco, presentó una distribución halina con valores coherentes con la información del crucero. Cabe indicar, que, entre Chimbote y Pisco, el modelo indicó valores bajos de salinidad (< 35,0) sugiriendo una mayor presencia de las ACF e influencia de agua dulce de procedencia continental, a diferencia del crucero, donde se registraron condiciones de mezcla (ACF+ASS) con valores halinos entre 35 y 35,1.

En la columna de agua, desde Chimbote hacia el sur, destacó el afloramiento costero de las ACF con concentraciones de sales entre 34,8 y 35,1 y temperaturas entre 14,7 y 17 °C, así como, el ascenso hacia la superficie de la isoterma de 15 °C y la isohalina de 35, y la normalización de las condiciones termohalinas. Por otro lado, el límite superior de la ZMO se encontró alrededor de los 100 m, entre los 75 y 50 m, y entre los 150 y 50 m de profundidad en Chicama, Callao y San Juan de Marcona, respectivamente, con iso-oxígenas de 1 a 5 mL/L que fueron aflorando hacia la superficie, al acercarse a la costa. En comparación con El Niño Costero 2017 (Ledesma et al., 2021), en marzo 2023 se observó una columna más oxigenada que en marzo 2017, en cambio, en los eventos El Niño de 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016, la mayor oxigenación de la columna de agua se observó durante los meses de fines de primavera (noviembre) e inicios de verano (diciembre) (Espinoza-Morriberón et al., 2019).

Entre el 21 y 24 de octubre de 2023, dentro de las 30 mn se registraron valores típicos de condiciones de afloramiento en los nutrientes: fosfatos de 2,5 µM a 3,0 µM y silicatos de 10,0 µM a 20,0 µM, teniendo como centros de afloramiento a las zonas frente Chicama, Chimbote, Pisco y San Juan de Marcona. De acuerdo a los archivos del IMARPE, en El Niño 2023-2024 la mayor reducción de los nutrientes fue observada en otoño (marzo-junio de 2023) con valores en el rango de 5 a 10 µmol.L<sup>-1</sup> para los nitratos y silicatos, y menores a 2 µmol.L<sup>-1</sup> para los fosfatos, mientras que, en El Niño 2015-2016 las menores concentraciones de nitratos y silicatos en la capa superficial estuvieron por debajo de 7 µmol.L<sup>-1</sup> y fueron registradas en el verano (diciembre de 2015 a marzo de 2016).

Con respecto a la clorofila-a, El Niño 2023-2024 (febrero-mayo de 2023) presentó las más bajas concentraciones en la última década, con anomalías promedio de -3 µg.L<sup>-1</sup>. Para setiembre y octubre de 2023, durante la ejecución del crucero, frente a la costa centro y sur predominaron anomalías ligeramente negativas (-1 µg.L<sup>-1</sup>), mientras que, frente a la costa norte, se llegaron a detectar anomalías superiores a +4 µg.L<sup>-1</sup> (IMARPE, 2023a) evidenciadas por las concentraciones registradas frente a Paita (2,5 a 5,0 µg.L<sup>-1</sup>) y Chicama (0,1 a 1,0 µg.L<sup>-1</sup>). Durante la primera semana de noviembre se registró un incremento notable de su concentración, registrándose principalmente valores de 4 µg.L<sup>-1</sup> dentro de las 60 mn a lo largo de la costa y núcleos de 10 µg.L<sup>-1</sup> frente a San José, Huacho y Pisco, y otros más costeros frente a Paita y Atico, generando anomalías positivas mayores a +4 µg.L<sup>-1</sup> (IMARPE, 2023b), a diferencia de El Niño 2015-2016, donde las menores concentraciones de clorofila se presentaron entre noviembre y diciembre de 2015 con anomalías de -1,8 µg.L<sup>-1</sup> en promedio (Espinoza-Morriberón et al., 2021).





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## Previsión oceanográfica para diciembre 2023 a marzo 2024

De acuerdo a la Comisión Multisectorial del ENFEN y el informe técnico N°18 presentado el 24 de noviembre del 2023 (ENFEN, 2023d) se prevé que El Niño en la región Niño 1+2 continúe por lo menos hasta inicios de otoño del 2024. Asimismo, para el verano del 2024, en promedio, la magnitud más probable de El Niño en la región estaría entre fuerte (39 %) y moderada (38 %).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) se espera que las condiciones de El Niño continúen hasta otoño del 2024, luego de alcanzar su máxima intensidad entre fines de 2023 e inicios del 2024. Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico central para el verano del 2024 son fuertes (60 %) y moderadas (31 %), de acuerdo al ENFEN.

## 7. CONCLUSIONES

- El Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste frente al Perú, desarrollado durante setiembre y octubre, se realizó durante un evento El Niño de intensidad fuerte, que se inició en febrero 2023 y se encontró en desarrollo durante la realización del crucero. Estas condiciones fueron moduladas por el paso de ondas Kelvin que, junto con el predominio de vientos moderados desde Chimbote (9°S) hacia el norte y vientos fuertes desde la zona centro-sur hacia la zona oceánica, aunque con una mayor intensidad en setiembre con respecto a octubre, favorecieron la surgencia en sectores adyacentes a la costa sur, principalmente, y la permanencia del calentamiento anómalo frente a la costa norte y centro.
- En un contexto climático de macroescala, los índices ONI y MEI v2, mostraron un incremento sostenido durante los últimos meses del 2023, como consecuencia de la evolución de El Niño en el Pacífico central. Mientras que, a escala regional y local, los índices ICEN, LABCOS e ITCP exhibieron un descenso sostenido en sus valores, aunque aún dentro del rango fuerte, indicando la disminución paulatina en intensidad de El Niño en el Pacífico oriental.
- La información oceanográfica obtenida durante el crucero, a nivel superficial, indicó la presencia de anomalías que variaron del rango neutro a cálidas de intensidad moderada (+1 °C a +2 °C) al sur del Callao (12°S) y condiciones cálidas de fuerte intensidad (+2 °C y +4 °C) hacia el norte.
- Al norte de Paita (5°S), se observó la presencia de las AES, mientras que, las ASS del oeste presentaron mayor acercamiento a la costa entre Paita-Chimbote, determinando anomalías positivas entre +0,1 y +0,2 hasta los 8°S. Al sur de esta latitud, predominaron condiciones neutras, debido a intensos procesos de mezcla (ASS+ACF) hasta Bahía Independencia (14,3°S) y una amplia cobertura de las ACF hacia el sur.
- Los nutrientes en sectores oceánicos presentaron una concentración pobre, asociada a la presencia de aguas cálidas, mientras que, dentro de las 30 mn costeras, los nutrientes se incrementaron dentro de las celdas de afloramiento, con una mayor influencia en los fosfatos y silicatos. Por su parte, la clorofila-a superficial en general presentó concentraciones bajas, con una ligera tendencia a incrementarse de Callao a Pisco (13,7°S).





PERÚ

Ministerio  
de la Producción



IMARPE  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- En la columna de agua, desde Punta Gobernador (5,3°S) hasta Chicama (7,7°S), la isoterma de 15 °C se presentó profundizada (150-100 m) y la isohalina de 35,1 se ubicó sobre los 70-80 m, determinando condiciones termohalinas anómalas (+1 °C a +4 °C y +0,1 a +0,2), asociadas a la presencia de las ASS. Al sur de Chimbote, se detectó afloramiento costero con mayor intensidad hacia el sur, evidenciado por el ascenso hacia la superficie de la isoterma de 15 °C y la isohalina de 35, así como por la normalización de las condiciones termohalinas.
- El límite superior de la ZMO se encontró alrededor de los 100 m, entre los 75 y 50 m, y entre los 150 y 50 m de profundidad en Chicama, Callao y San Juan de Marcona (15,4°S), respectivamente, con iso-oxígenas de 1 a 5 mL/L que fueron aflorando hacia la superficie, al acercarse a la costa.
- Los nutrientes, en general, presentaron mayor concentración frente a Chicama con respecto a Paita, por efecto del afloramiento costero. En cambio, la clorofila-a frente a Chicama en promedio presentó valores inferiores a los encontrados frente a Paita, en donde se observaron núcleos importantes de productividad dentro de las 75 mn y sobre los 60 m.
- Los resultados del crucero, la información complementaria *in situ* y satelital disponible, conforme a la evolución de los distintos índices regionales y locales, confirmaron el debilitamiento de la intensidad de El Niño en la región Niño 1+2 y frente a la costa peruana.

## 8. PARTICIPANTES

En cuanto a los participantes, se considera en primer lugar a los que participaron en la elaboración del presente informe:

- Katherine Vásquez
- Dimitri Gutiérrez
- Luis Vásquez
- Carmen Grados
- Jesús Ledesma
- Enrique Tello
- Daniel Quispe
- David Correa
- Carlos Quispe
- Adolfo Chamorro
- Cristhian Asto (Base de datos)
- Noel Domínguez (Base de datos)
- Walter García

En segundo lugar, se reconoce la participación y esfuerzo del personal técnico-científico que participó durante el desarrollo del crucero, el cual se realizó a bordo de dos embarcaciones E/P:

- A bordo de la E/P INCAMAR 2, participaron:
  - Pedro Ramiro Castillo Valderrama
  - Gustavo Renato Cuadros Caballero
  - Germán Pablo Chacón Nieto
  - Ketty Ferrel De los Ríos



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024



PERÚ

Ministerio  
de la Producción



IMARPE  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- Jaime Antonio Aquino Calixto
  - David Jesús Torres Negreiros
  - Segundo Gian Paul Galarza Tirado
  - Luis Vásquez Espinoza
  - Marilú Bouchón Corrales
- A bordo de la E/P TASA 425, participaron:
- Daniel Isaías Grados Paredes
  - Carlos Alexander Valdez Mego
  - Marissela Pozada Herrera
  - David Higinio Bayona Jiménez
  - Pablo Constantino Gonzales Aranda

## 9. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRST) 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 distributed through the Marine Copernicus Service. (<http://www.marine.copernicus.eu>).

The products from the MERCATOR OCEAN system distributed through the Marine Copernicus Service (<https://data.marine.copernicus.eu/products>). The Pacific Islands Ocean Observing System (PaCIOOS) is funded through the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) as a Regional Association within the U.S. Integrated Ocean Observing System (IOOS). PaCIOOS is coordinated by the University of Hawaii School of Ocean and Earth Science and Technology (SOEST).

Los resultados de nutrientes y clorofila-a, fueron obtenidos del “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2310”, el cual es una acción del Programa Presupuesto Por Resultados - PPR 068 El Niño “Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” y su producto “Entidades Informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño” del IMARPE.

La contribución del Perú al XXVI crucero regional oceanográfico en el PSE es una acción de la DGIOCC/IMARPE en el marco del Programa Presupuesto Por Resultados - PPR 068 El Niño “Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” y su producto “Entidades Informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño” del IMARPE, Perú.



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dewitte B., D. Gushchina, Y. du Penhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. Geoph. Res. Lett., vol. 29, no. 14, 1666, doi: [10.1029/2001GL014452](https://doi.org/10.1029/2001GL014452).

Carrit D., Carpenter J., 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater; a NASCO Report. J. Mar. Res. 24: 286-318.

CPPS, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Convenios, Acuerdos, Protocolos, Declaraciones, Estatuto y Reglamento de la CPPS, Guayaquil, Ecuador.

Domínguez, N., Asto, C. & Gutiérrez, D., 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1991 – 2020. Inf Inst Mar Perú, 50(1), 19-35. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/7535>

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.

ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. <http://www.imarpe.gob.pe>.

ENFEN, 2023a. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°2, febrero de 2023, 42 p. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-9-n02/?wpdmdl=1782&ind=1706284075212>

ENFEN, 2023b. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°13, setiembre de 2023, 64 p. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-9-n12-al-13-de-setiembre-de-2023/?wpdmdl=1807&ind=1706560616402>

ENFEN, 2023c. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°15, al 12 de octubre de 2023, 56 p. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-9-n15-al-12-de-octubre-de-2023/?wpdmdl=1811&ind=1706561691989>

ENFEN, 2023d. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°18, al 22 noviembre de 2023, 62 p. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-enfen-ano-9-n18-al-22-de-noviembre-de-2023/?wpdmdl=1817&ind=1706563022044>

ENFEN, 2024. Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Informe Técnico ENFEN. Año 10, N°06, 05 abril de 2024, 71 p.





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

<https://enfes.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-enfes-ano-10-n06-al-03-de-abril-de-2024/?wpdmdl=1870&ind=1712352660625>

Espinoza-Morriberón, D., Echevin, V., Colas, F., Tam, J., Gutiérrez, D., Graco, M., Ledesma, J., & Quispe-Ccalluari, C. (2019). Oxygen variability during ENSO in the Tropical South Eastern Pacific. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00526>

Espinoza-Morriberón, D., Echevin, V., Colas, F., Díaz, E., Tam, J., Anculle, T., Ledesma, J. & Gutiérrez, D. (2021). Diferencias entre los impactos en la costa peruana de los eventos ENOS cálidos y El Niño Costero 2017: vientos, afloramiento, productividad y anchoveta. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 36(2), 329-348. <https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.341>

Grados, C., Chaigneau, A., Echevin, V., & Dominguez, N., 2018. Upper ocean hydrology of the Northern Humboldt Current System at seasonal, interannual, and interdecadal scales. *Progress in Oceanography*, 165, 123–144. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.05.005>

Holm-Hansen, A., C. Lorenzen, R. Holmes and J. Strickland., 1965. Fluorometric determination of chlorophyll, *J. Cons. Perm. Explor.*, 30:3-15.

Huang, B., P. W. Thorne, V. F. Banzon, T. Boyer, G. Chepurin, J. H. Lawrimore, M. J. Menne, T. M. Smith, R. S. Vose & H.-M. Zhang, 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, version 5 (ERSSTv.5): Upgrades, validations, and intercomparisons. *J. Climate*, 30, 8179-8205, doi: [10.1175/JCLI-D-16-0836.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1).

IFREMER/CERSAT, 2005. NSCAT Level 3 Gridded Mean Wind Fields (IFREMER). Ver. 1. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD]. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>.

Illig, S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G. S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000, *Journal of Geophysical Research*, 109, C02022, doi: [10.1029/2003jc001771](https://doi.org/10.1029/2003jc001771).

IMARPE, 2023a. Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras de agosto al 10 de setiembre 2023. <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/informes-publicaciones/4930715-informe-g-t-i-agosto-2023-setiembre-2023>

IMARPE, 2023b. Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras de octubre al 08 de noviembre 2023. <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/informes-publicaciones/4978004-informe-g-t-i-octubre-2023-noviembre-2023>

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D., 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, <https://doi.org/10.1175/15200477>





“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Kobayashi S, Ota Y, Harada Y, Ebita A, Moriya M, Onoda H, Onogi K, Kamahori H, Kobayashi C, Endo H, Miyaoka K, Takahashi K (2015) The JRA-55 reanalysis: general specifications and basic characteristics. *J Meteor Soc Jpn* 93:5–48.

Ledesma, J., Graco, M., Tam, J., Díaz, K., Anculle, T., García, W., ... & Gutiérrez, D. (2021). Efectos de El Niño Costero 2017 sobre la oxigenación, fertilidad y productividad del mar frente a las costas del Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 36(2), 409-427. <https://doi.org/10.53554/boletin.v36i2.345>

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.

Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., and 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](https://doi.org/10.5194/os-12-1067-2016).

Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.

Quispe, J. y 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.

Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot, The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, [http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user\\_upload/tx\\_ausyclsseminar/files/GEO\\_03\\_Pres OSTST2016 MSS CNES CLS2015 V1 16h55.pdf](http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres OSTST2016 MSS CNES CLS2015 V1 16h55.pdf) (last access 2023/10/01).

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972) A Practical Hand Book of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2nd Edition, 310 p.

Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Boletín Técnico-Vol. 1 Nº 2, febrero del 2014. Instituto Geofísico del Perú. <http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2014/EINino v2 27 03 2014 7.pdf>.

UK Met Office, 2012. GHRSSST Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <http://dx.doi.org/10.5067/GHOST-4FK02>.

Wolter K. and M. S. Timlin, 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proceedings of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, Oklahoma. NOAA/NMC/CAC-NSSL-Oklahoma Climate Survey-CIMMS-School of Meteorology of the University of Oklahoma, pp. 52-57.

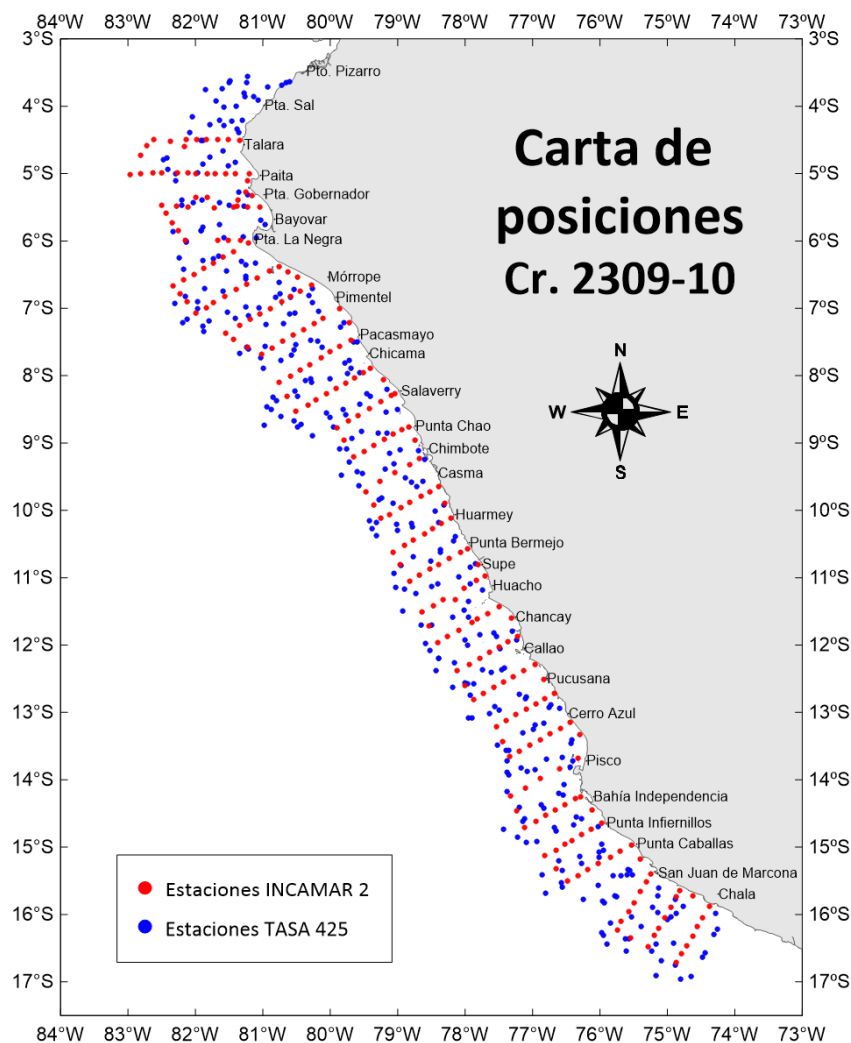


“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Wolter K. and M. S. Timlin, 1998. Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather* 53, 315-324.

Wolter K. and M. S. Timlin, 2011. El Niño/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI. ext). *Int. J. Climatol.* 31, 1074-1087. Yentsch, C. and D. Menzel., 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.* 10:221-231.

### 11. FIGURAS

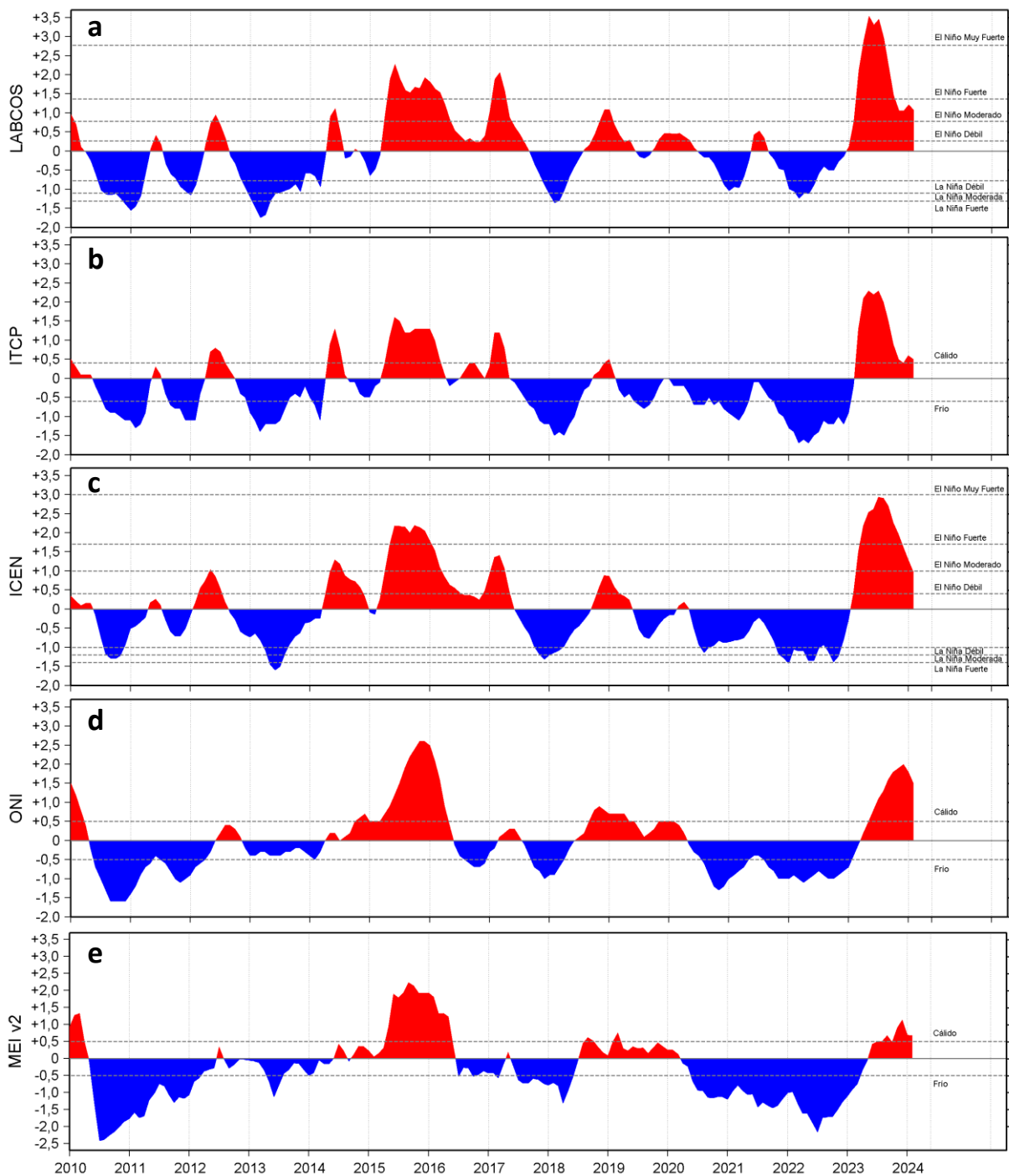


**Figura 1.** Mapa de las estaciones realizadas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-sección Perú, ejecutado de setiembre a octubre del 2023. Procesamiento: IMARPE.



BICENTENARIO PERÚ 2024

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



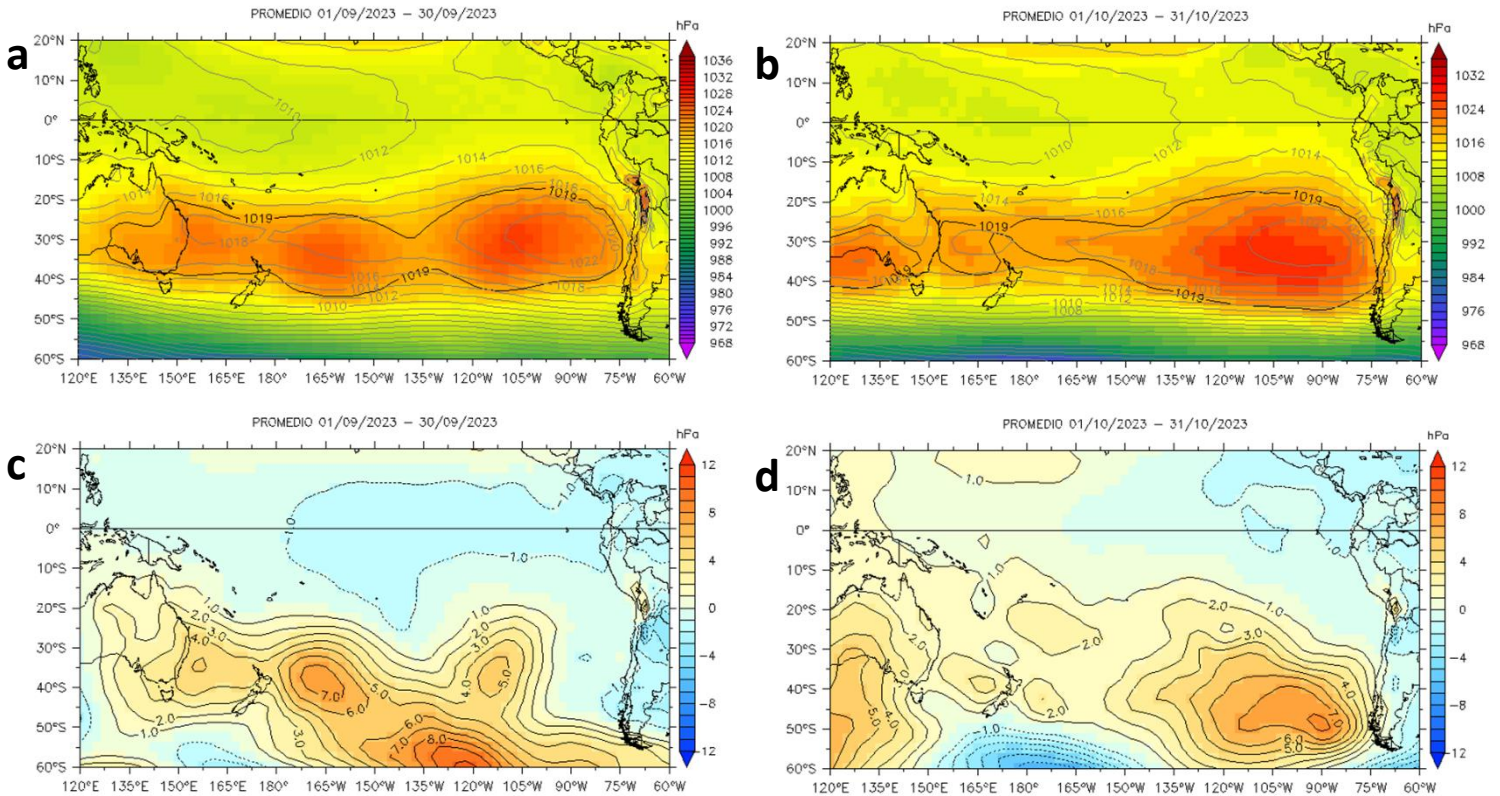
**Figura 2.** Series de tiempo de los índices climáticos: a) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015), b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), c) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), d) Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017) y e) Índice Multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015), respectivamente, desde el año 2010 hasta febrero del 2024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



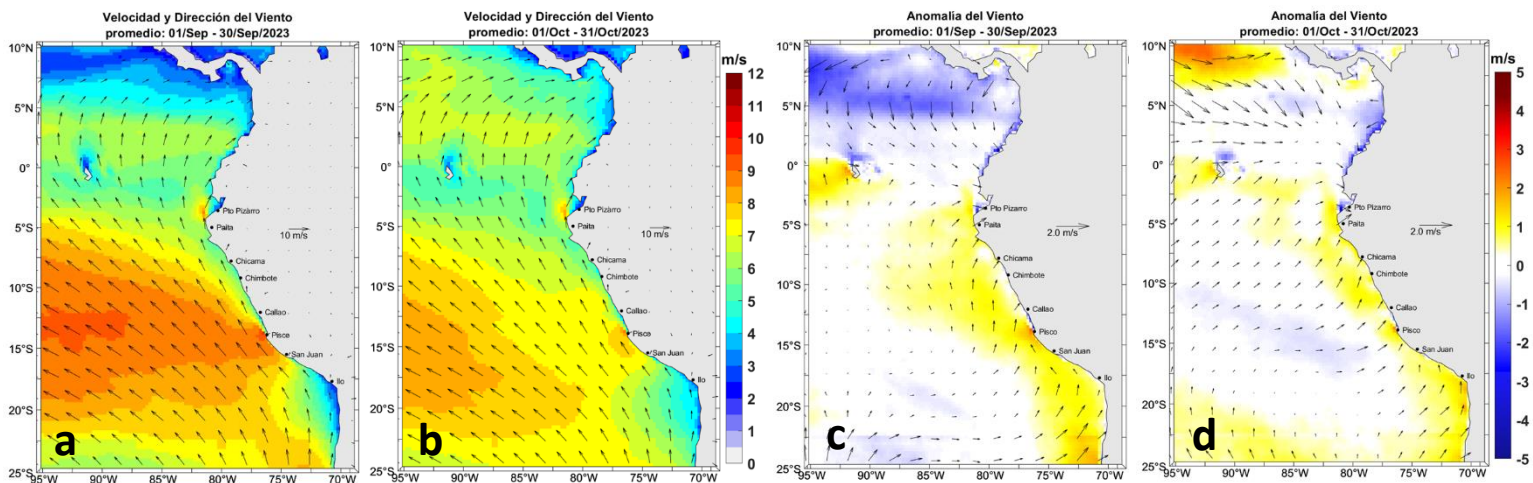
BICENTENARIO  
PERÚ  
2024



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



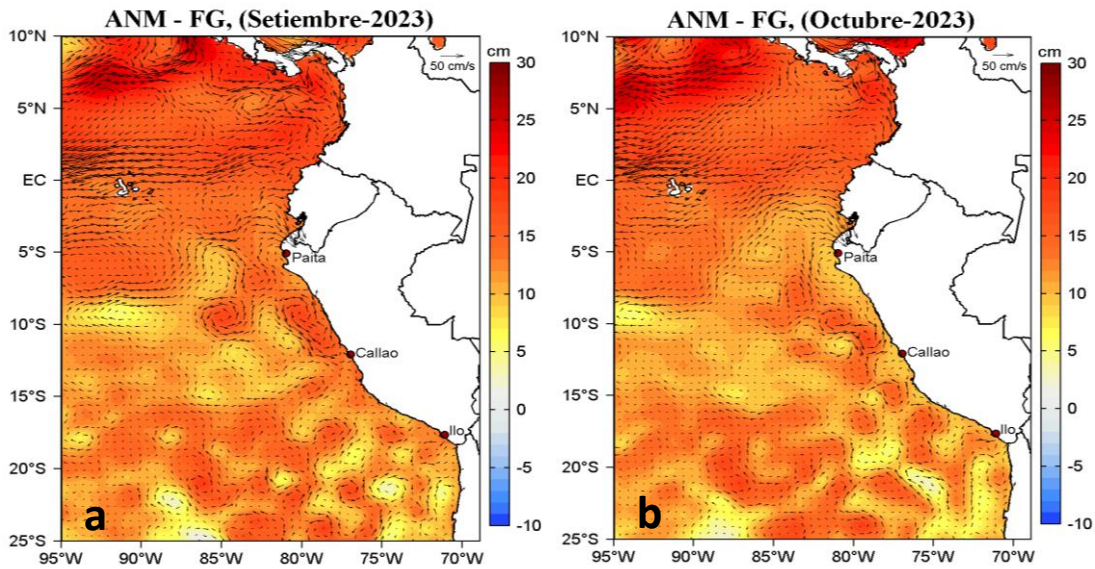
**Figura 3.** Presión atmosférica a nivel del mar (a y b) y sus anomalías (c y d) para el promedio mensual de setiembre y octubre del 2023. Climatología 1991-2020. Fuente: NCEP-NCAR. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



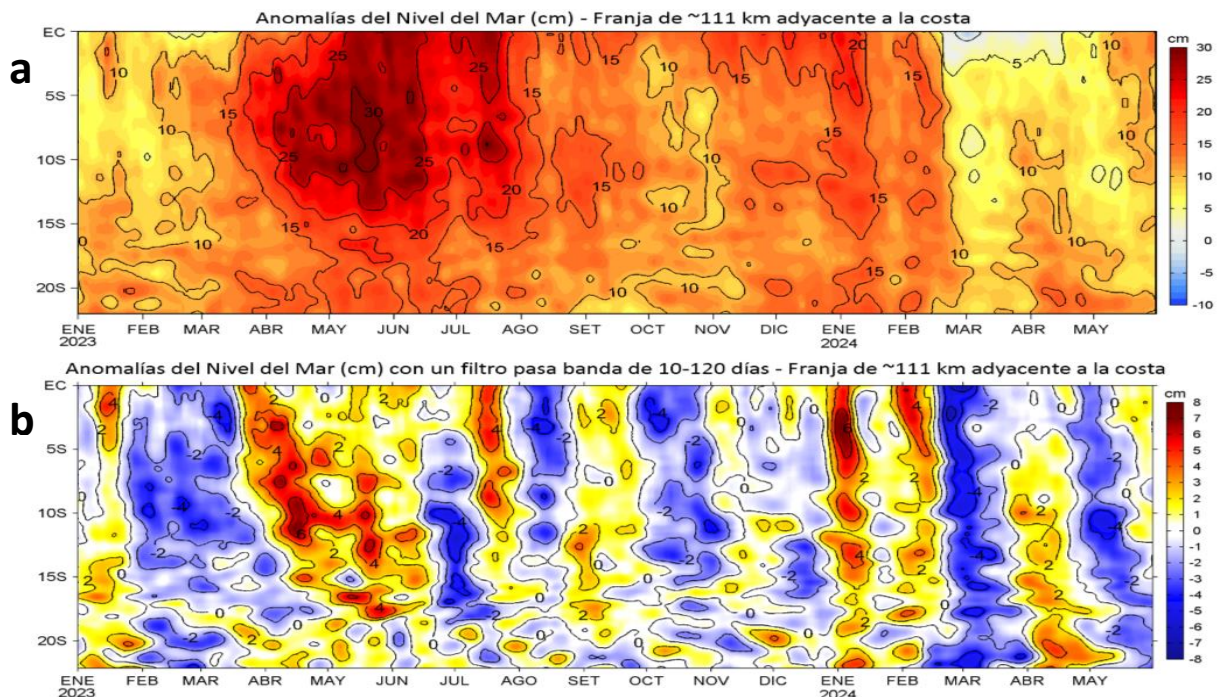
**Figura 4.** Distribución espacial promedio de la velocidad (m/s) y dirección del viento (°) para a y b, así como sus anomalías (c y d) en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre y octubre del 2023. Climatología: QuikSCAT-ASCAT 2000-2014. Fuente: ASCAT. Procesamiento: LCSR/IMARPE.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**Figura 5.** Distribución espacial promedio de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG,  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste, durante setiembre (a) y octubre (b) del 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

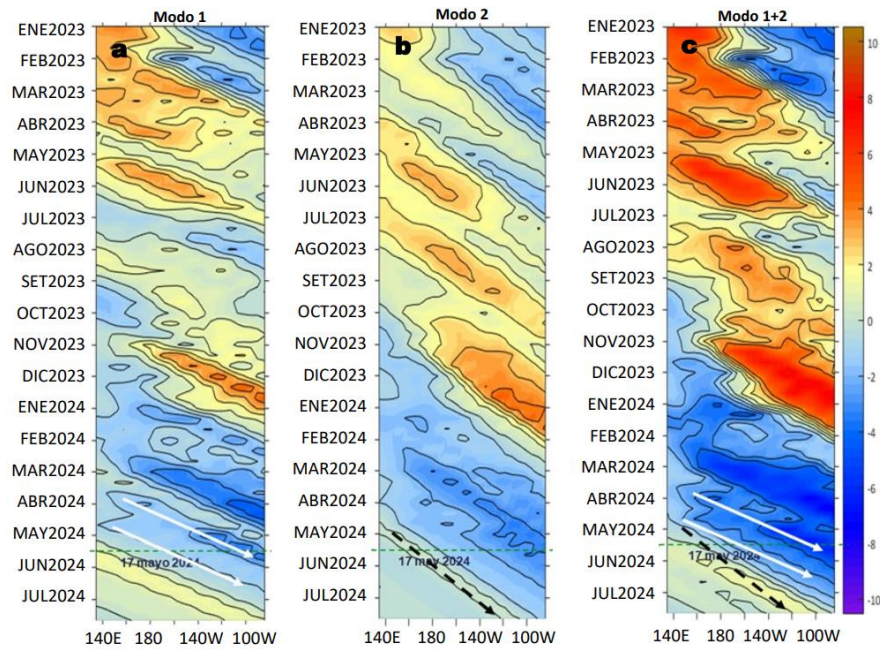


**Figura 6.** Variación latitudinal de las anomalías diarias del nivel del mar (cm) para la franja de 60 mn adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S, sin filtrar (a) y con un filtro pasa banda de 10-60 días (b), actualizado al 31 de mayo del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

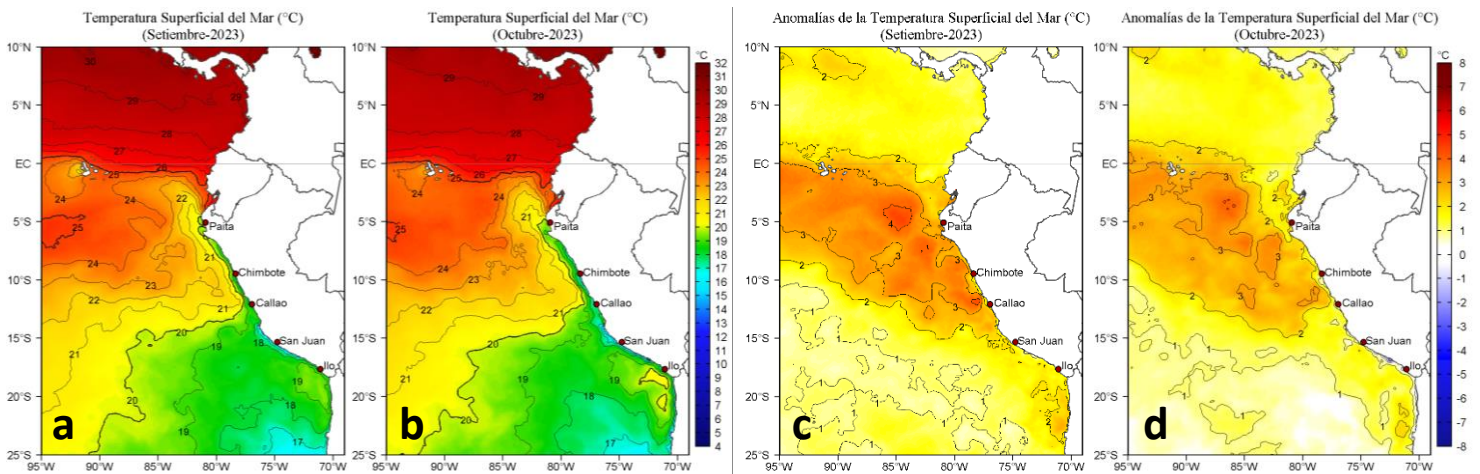


BICENTENARIO PERÚ 2024

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

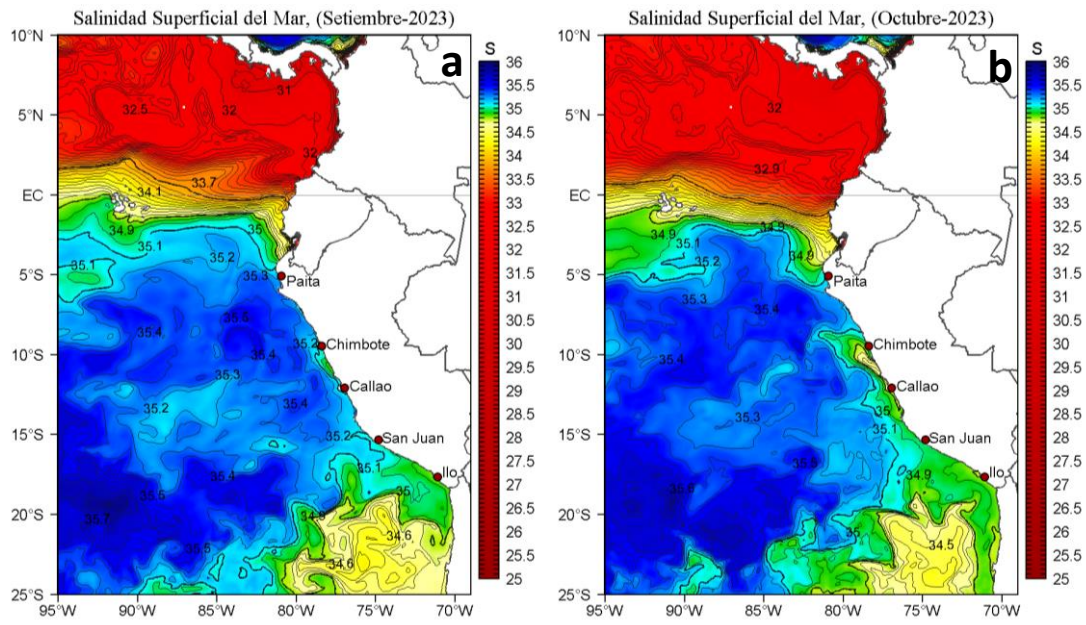


**Figura 7.** Diagramas Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin ecuatoriales en el océano Pacífico ecuatorial entre 130°E y 95°W forzado con anomalías del esfuerzo del viento ( $N/m^2$ ) del NCEP (Kalnay et al., 1996) de acuerdo con la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002): a) Modo 1, b) Modo 2 y c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal de color verde indica la fecha del inicio del pronóstico (17 de mayo del 2024) con anomalías del esfuerzo del viento igual a cero. Los valores negativos corresponden a ondas Kelvin de afloramiento “frías” y están representadas por flechas discontinuas de color blanco. Los valores positivos corresponden a ondas Kelvin “cálidas” cuya propagación está representada por flechas de color negro para el modo 1 (flecha sólida) y modo 2 (flecha discontinua). Datos del modelo: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

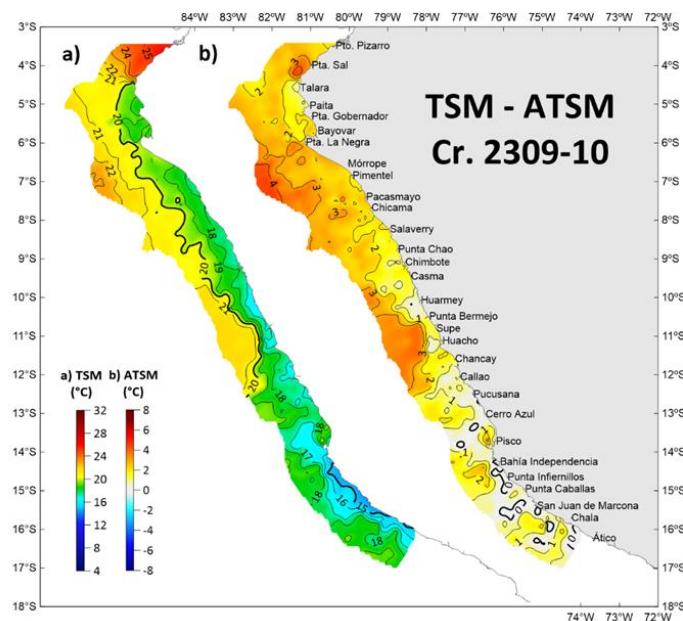


**Figura 8.** Distribución espacial promedio de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}C$ ) para a y b, así como sus anomalías (c y d) en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020. Fuente: OSTIA. Procesamiento: LHFM/AFIOFDGIOCC/IMARPE.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

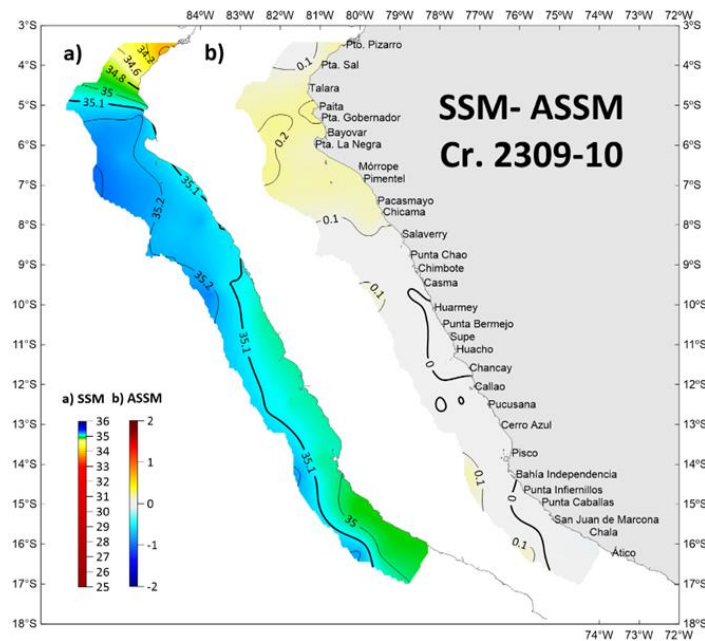


**Figura 9.** Distribución espacial promedio de la salinidad superficial del mar en el océano Pacífico Sudeste, durante setiembre (a) y octubre (b) del 2023. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: LHF/M/AFOF/DGIOCC/IMARPE.

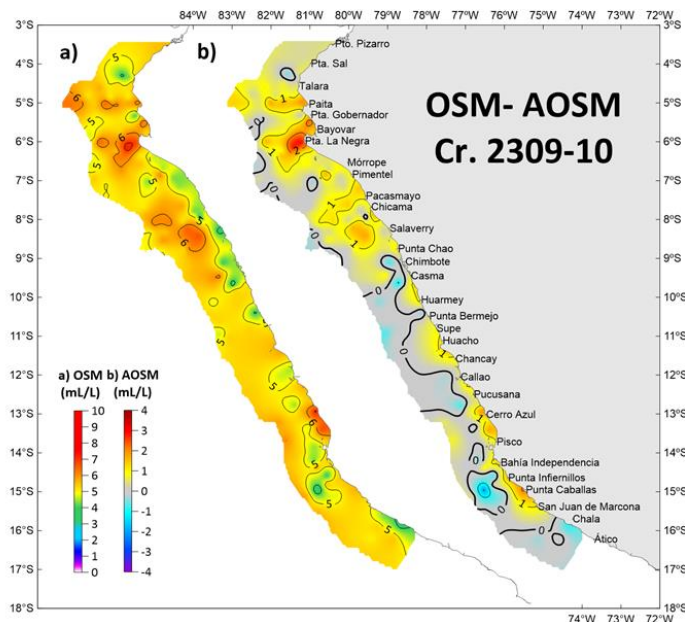


**Figura 10.** Distribución espacial de la a) temperatura superficial del mar (°C) y b) las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFOF/DGIOCC/IMARPE.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**Figura 11.** Distribución espacial de la a) salinidad superficial del mar y b) las anomalías de la salinidad superficial del mar, registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



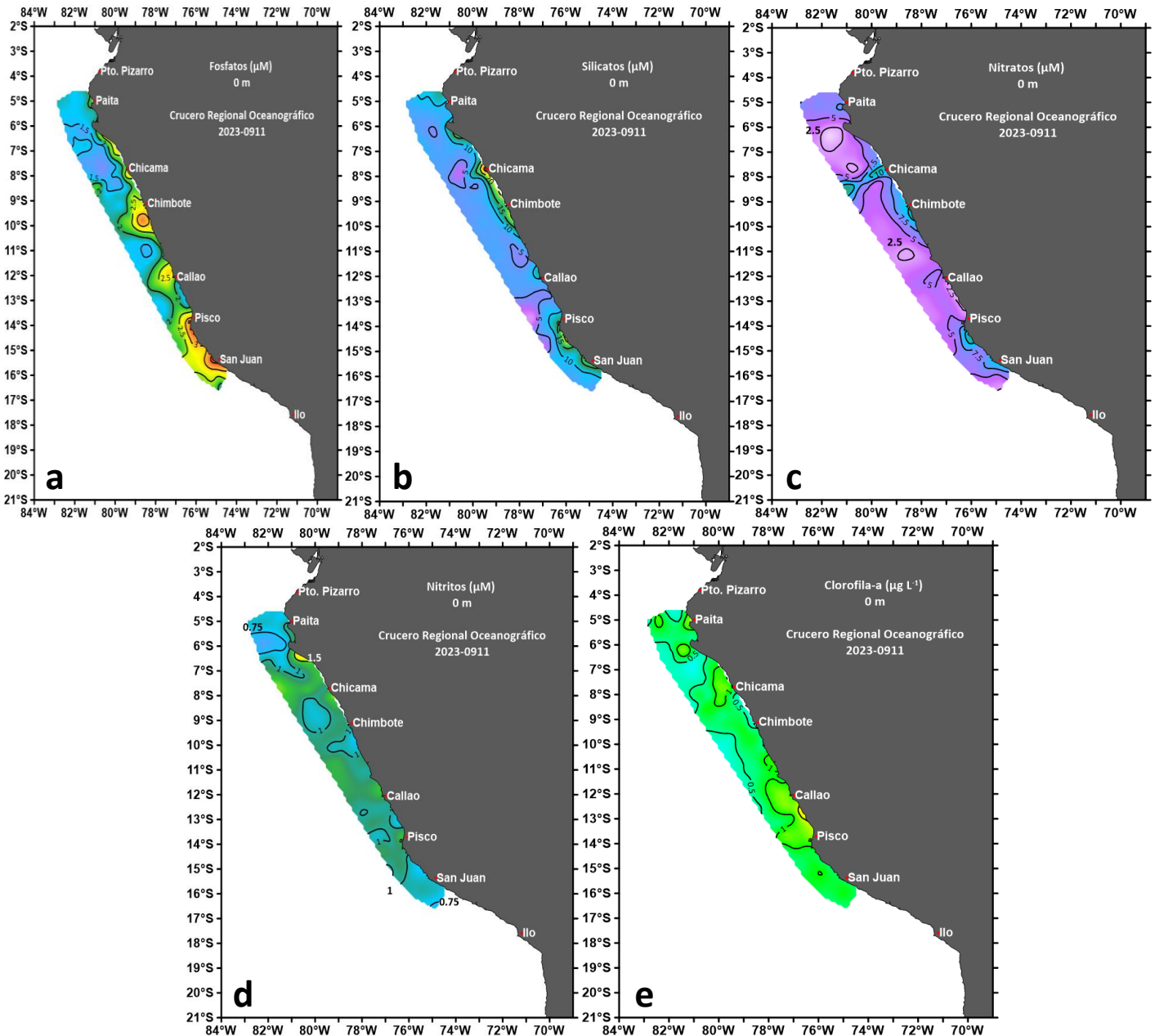
**Figura 12.** Distribución espacial del a) oxígeno superficial del mar (mL/L) y b) las anomalías del oxígeno superficial del mar (mL/L), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



**BICENTENARIO PERÚ 2024**



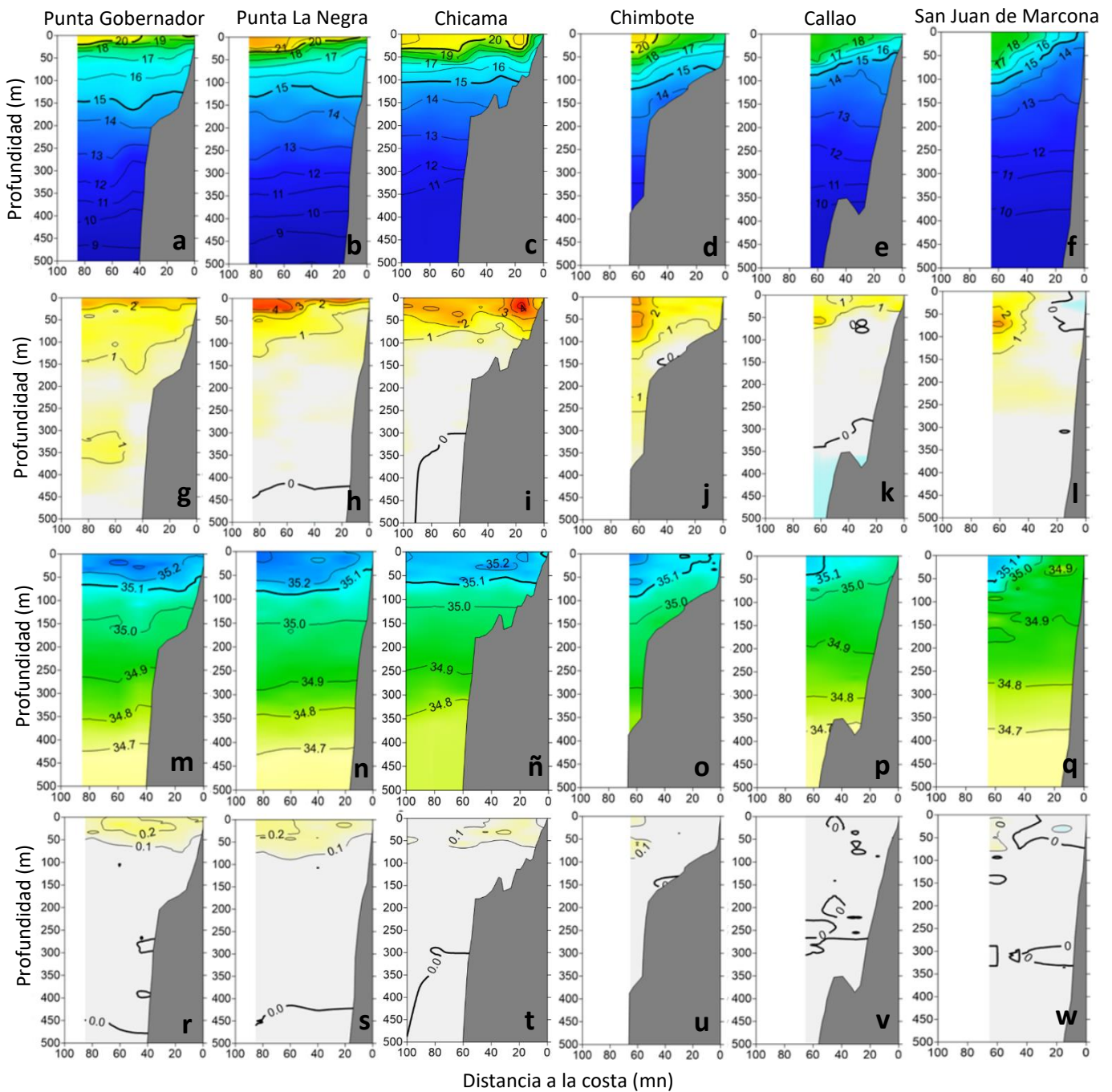
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**Figura 13.** Distribución espacial a nivel superficial de a) fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), b) silicatos ( $\mu\text{M}$ ), c) nitratos ( $\mu\text{M}$ ), d) nitritos ( $\mu\text{M}$ ) y e) clorofila ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

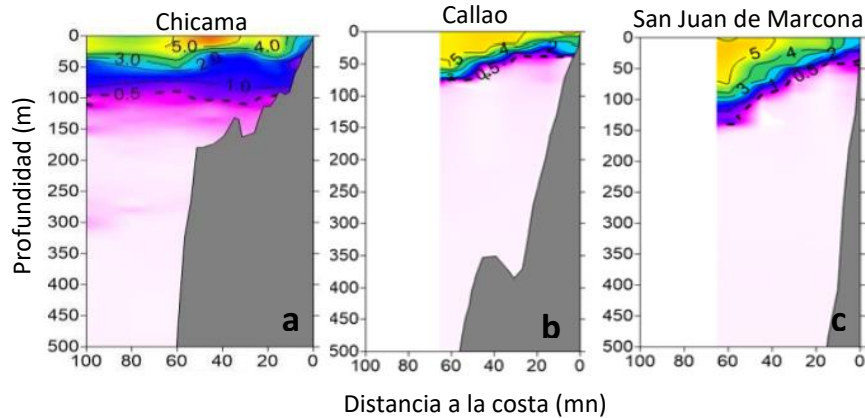


“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

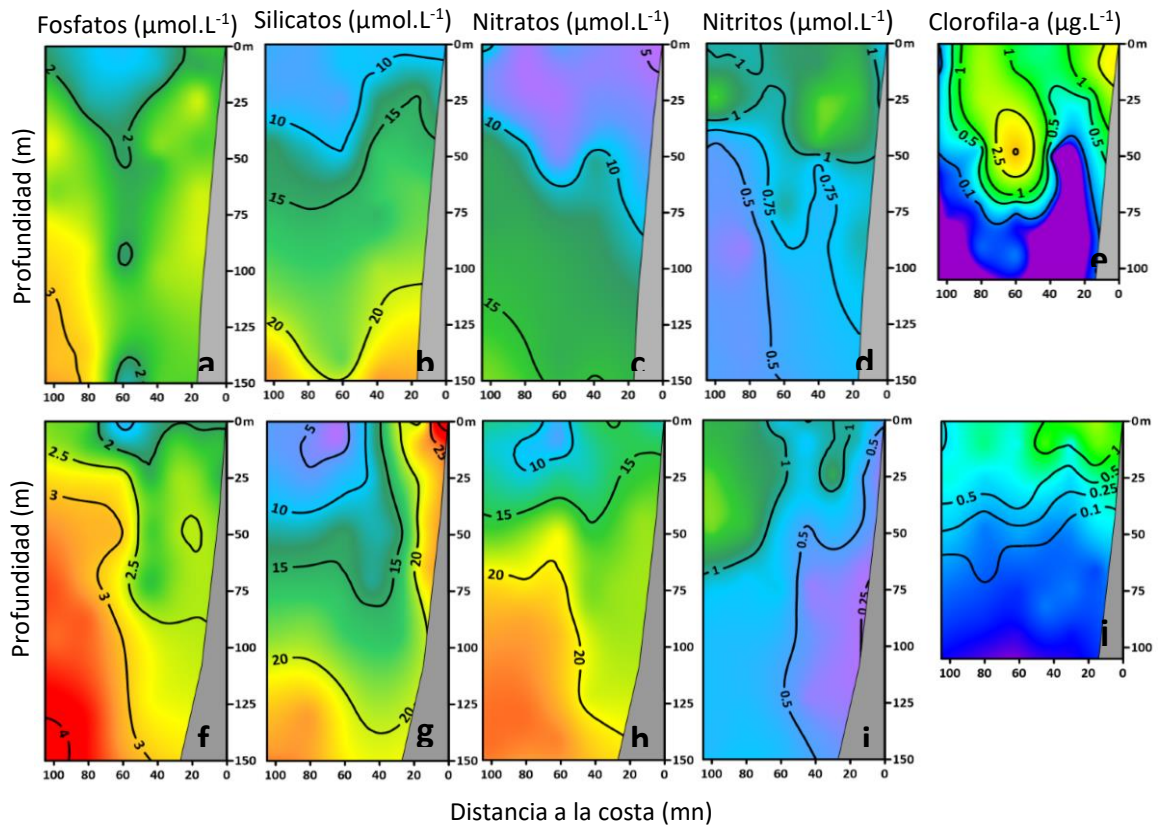


**Figura 14.** Distribución vertical de la temperatura (a, b, c, d, e y f), anomalías térmicas (g, h, i, j, k y l), salinidad (m, n, ñ, o, p y q) y anomalías halinas (r, s, t, u, v y w) en las secciones verticales frente a Punta Gobernador (a, g, m y r), Punta La Negra (b, h, n y s), Chicama (c, i, ñ y t), Chimbote (d, j, o y u), Callao (e, k, p y v) y San Juan de Marcona (f, l, q y w), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



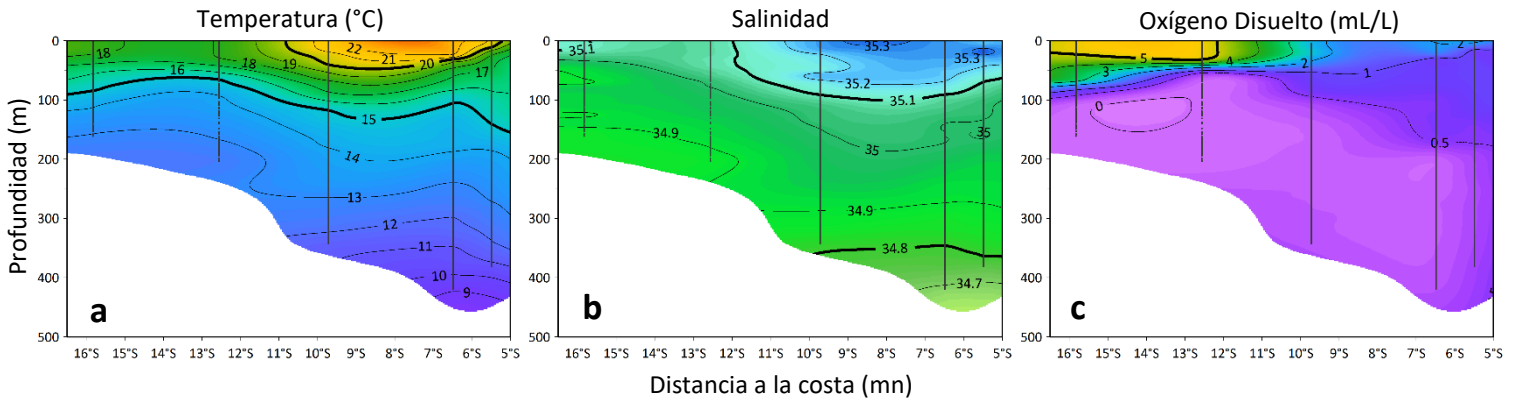
**Figura 15.** Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las secciones verticales frente a Chicama (a), Callao (b) y San Juan de Marcona (c), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



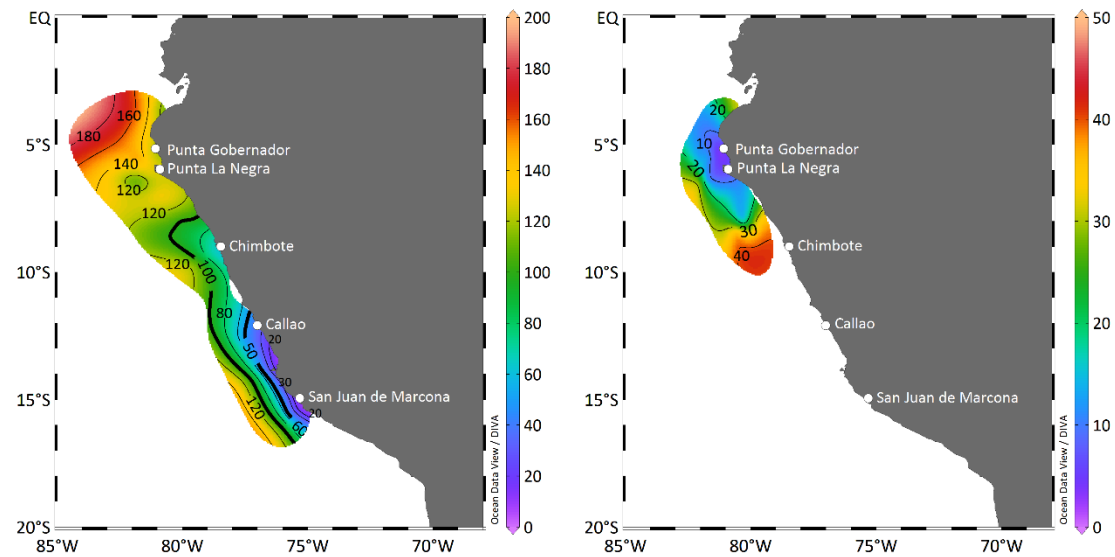
**Figura 16.** Distribución vertical de los fosfatos (a, f), silicatos (b, g), nitratos (c, h), nitritos (d, i) y clorofila-a (e, j) en las secciones verticales frente a Paita (a, b, c, d y e) y Chicama (f, g, h, i y j), registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



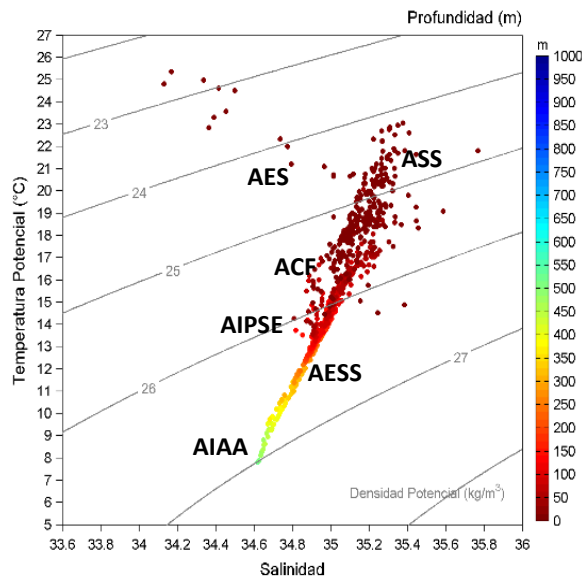
**Figura 17.** Estructura meridional de la a) temperatura del mar (°C), b) salinidad y c) concentración del oxígeno disuelto (mL/L) a 100 km de la costa peruana, registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



**Figura 18.** Profundidad (m) de la isoterma de 15 °C (a) y de la isoterma de 20 °C (b). Determinadas a partir de las mediciones registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**Figura 19.** Diagrama T/S determinado a partir de las mediciones registradas durante el XXVI Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste-Sección Perú, ejecutado entre setiembre y octubre del 2023. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

**12. TABLAS**

**Tabla 1.** Valores promedio mensuales del Índice Niño Oceánico (ONI), Índice Costero El Niño (ICEN), Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y el índice LABCOS. Las estimaciones se obtuvieron de Huang et al., 2017, Takahashi, et al., 2014, Quispe et al., 2016 y Quispe y Vásquez, 2015.

INDICE CLIMÁTICO		INDICES LOCALES		INDICE REGIONAL	INDICE DE MACROESCALA	
AÑO	MES	LABCOS	ITCP	ICEN	ONI	MEI v2
REGIÓN		Litoral peruano	Banda de afloramiento peruano	Región Niño 1+2	Región Niño3.4	Región entre 30°S-30°N 100°E-70°W
2022	09	-0.51	-1.2	-1.12	-1.0	-1.73
2022	10	-0.50	-1.2	-1.39	-1.0	-1.73
2022	11	-0.27	-1.0	-1.24	-0.9	-1.53
2022	12	-0.13	-1.2	-0.81	-0.8	-1.28
2023	01	+0.12	-0.9	-0.27	-0.7	-1.11
2023	02	+0.78	-0.2	+0.42	-0.4	-0.91
2023	03	+2.11	+1.3	+1.51	-0.1	-0.76
2023	04	+2.89	+2.1	+2.19	+0.2	-0.37
2023	05	+3.54	+2.3	+2.55	+0.5	-0.06
2023	06	+3.31	+2.2	+2.62	+0.8	+0.43
2023	07	+3.46	+2.3	+2.94	+1.1	+0.50
2023	08	+2.97	+2.0	+2.91	+1.3	+0.51
2023	09	+2.22	+1.5	+2.70	+1.6	+0.68
2023	10	+1.46	+0.9	+2.27	+1.8	+0.48
2023	11	+1.07	+0.5	+1.96	+1.9	+0.91
2023	12	+1.06	+0.4	+1.61	+2.0	+1.13
2024	1	+1.22	+0.6	+1.29	+1.8	+0.70
2024	2	+1.08	+0.5	+0.98	+1.5	+0.68
2024	3	+0.69	+0.2	+0.57	+1.1	+0.78
2024	4	+0.03	-0.7	-0.11	+0.7	+0.34

