UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PROGRAMA BIO-OCEANOGRÁFICO-PESQUERO
DE LA ZONA NORTE DE CHILE (18°30´S-23°S)
UNAP-CIAM

RESULTADOS PRELIMINARES
CRUCERO BIO-OCEANOGRAFICO DE INVIERNO

SEPTIEMBRE DE 2023

INTRODUCCIÓN

Se presentan los resultados preliminares de las condiciones de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto registradas durante el crucero de invierno de 2023.

METODOLOGIA

El crucero se llevó a cabo entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023 a bordo de la embarcación PAM "Licantén", proporcionada por la empresa pesquera Camanchaca S.A.

El área de estudio comprendió la zona entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S), donde se establecieron 7 transectas perpendiculares a la costa con estaciones localizadas entre 1 y 40 millas náuticas (mn) de la costa (Figura 1). En cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, utilizando un CTDO SBE-19V2. Por razones de mal tiempo no se tomaron muestras a 20 mn frente a Arica (18°25'S), 10 mn frente a Chucumata (20°30'S), 40 mn frente a Tocopilla (22°10'S) y 20 y 40 mn frente a Mejillones (23°00'S).

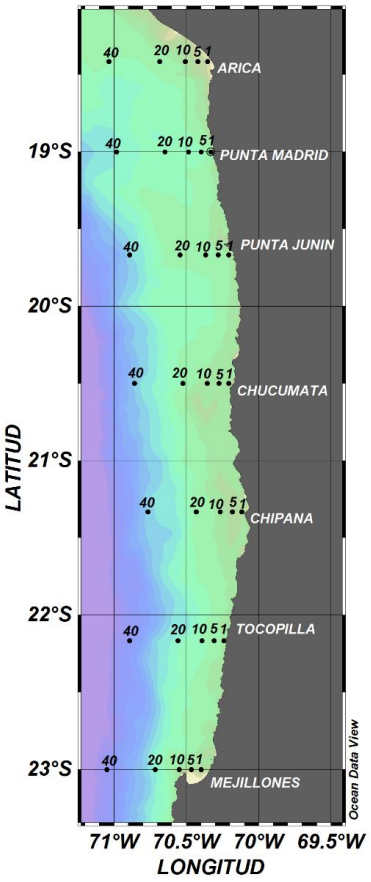

Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo durante el crucero de invierno de 2023.

RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 15,8 y 19,9°C. La zona norte, entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), se encontró influenciada por valores superiores a 19°C entre la costa (1 mn) y las 40 mn. En Chucumata (20°30'S) se registró en la zona costera (1-5 mn) la presencia de aguas con temperaturas menores a 18°C, las que hacia el sur se fueron extendiendo hacia el sector más oceánico, alcanzando las 10 mn frente a Mejillones (23°00'S) donde se detectó el núcleo de mínima temperatura (15,8°C) a 5 mn de la costa (Figura 2A).

En la componente vertical se observó, entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S), la presencia de una capa de agua con temperaturas superiores a 17°C que se extendió hasta cerca de los 50 m de profundidad. Hacia el sur esta capa de mayores valores (>18°C) se replegó hacia las 20 y 40 mn, y en la costa se observó la inclinación de las isotermas revelando el ascenso de agua subsuperficial de baja temperatura, que dominó el área entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S). En particular en esta última localidad, toda la columna de agua se encontró dominada por valores entre 14 y 15°C (Figura 3). La influencia del agua más cálida en el estrato superficial se encontró también reflejado en la ubicación de la isoterma de 15°C, que alcanzó un máximo de 78 m frente a punta Madrid (19°40'S), registrándose sólo entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) en profundidades inferiores a 50 m (Figura 2B).

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,88 y 35,29 ups. Coincidente con la distribución de la temperatura, valores superiores a 35 ups dominaron la zona entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 1 y 40 mn, replegándose hacia las 20 y 40 mn desde Chucumata (20°30'S) al sur, dada la influencia del agua de menor salinidad (<34,9 ups) que ocupó la zona costera (1-10 mn) especialmente entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), registrándose en esta localidad el mínimo de 34,88 ups a 1 mn (Figura 2C).

En las secciones verticales entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) se observó la presencia del agua de salinidad mayor a 35 ups ocupando los primeros 50 m de profundidad. Desde Chucumata (20°30'S) al sur los altos valores (>35 ups) se restringieron a la superficie y a las 20 y 40 mn, mientras que la costa y el resto de la columna de agua se encontró dominada por salinidades menores a 34,9 ups, registrándose la característica intrusión, desde la región oceánica y bajo los 50 m de profundidad, de la masa de agua con salinidades menores a 34,7 ups que se hizo más evidente en Chipana (21°20'S) y Tocopilla (22°10'S) (Figura 4).

La densidad (sigma-t) presentó en superficie valores que fluctuaron entre 24,94 y 25,76. La presencia de densidades menores a 25 caracterizaron la zona entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 1 y 40 mn de la costa, coincidentes con el predominio de las altas temperaturas y salinidades (>19°C, >35 ups). Desde Chucumata (20°30'S) al sur, aguas de mayor densidad (>25,4) ocuparon la zona costera y se extendieron hasta las 10 mn, detectándose el máximo de 25,76 frente a Tocopilla (22°10'S) a 5 mn (Figura 2D).

Las secciones verticales mostraron la presencia de aguas con densidades superiores a 25,5 desde los 50 m y hacia los estratos más profundos. En Tocopilla (22°10'S) se observó el ascenso de las isopicnas en la costa (1-5 mn) que generó la presencia de estos mayores valores en superficie, y en Mejillones (23°00'S) toda la columna de agua estuvo dominada por densidades entre 25,6 y 26,3, corroborando la ocurrencia de surgencia (Figura 5).

Acorde con las condiciones descritas, los diagramas T-S revelaron la presencia de las tres masas de agua de la región: el Agua Subtropical Superficial (ASS), el Agua Subantártica (ASAA) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). El ASS tuvo una importante participación en la zona, especialmente entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), mientras que el ASAA evidenció una mayor influencia desde Chucumata (20°30'S) al sur. El AESS se registró bajo los 150 m y principalmente en mezcla con el ASAA (Figura 6).

El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 2,3 y 4,6 mL O_2/L. Toda el área, entre 1 y 40 mn de la costa, se encontró influenciada por concentraciones cercanas a 3,5 mL O_2/L. Sólo destacó el foco de máxima (4,6 mL O_2/L) restringido a 1 mn frente a Arica (18°25'S), y valores inferiores a 3,0 mL O_2/L que dominaron frente a Mejillones (23°00'S) producto de la surgencia de aguas subsuperficiales, donde se registró el mínimo de 2,3 mL O_2/L a 5 mn de la costa (Figura 7A).

En la componente vertical, las secciones mostraron los primeros 50 m de profundidad influenciados por aguas con concentraciones mayores a 2,5 mL O_2/L. En Tocopilla (22°10'S) se evidenció el ascenso de las oxilíneas que condujeron las menores concentraciones de oxígeno (<3,0 mL O_2/L) a la superficie, y en Mejillones (23°00'S) toda la columna de agua exhibió valores menores a 2,5 mL O_2/L, evidenciando procesos de surgencia (Figura 8). De manera coincidente, el límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS_ZMO) (1,0 mL O_2/L) promedió una profundidad de localización de 100 m, exhibiendo una profundidad mínima de 58,1 m en Tocopilla (22°10'S) a 1 mn, y un máximo de 146,3 m en la misma localidad a 40 mn de la costa (Figura 7B).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los valore extremos de temperatura y salinidad, así como su distribución en el área, revelaron una condición cálida imperante en el sistema, particularmente considerando que se trató de un periodo de invierno, durante el cual, las temperaturas máximas no superan los 18°C. Por otra parte, el transporte Ekman, que habitualmente muestra una relajación en otoño e invierno, reveló intensos procesos de surgencia, manteniéndose por sobre los 1.000 m^3/s/km en las tres localidades, en particular los días previos y de realización del muestreo, evidenciando la presencia de vientos favorables para la ocurrencia de afloramiento (Figura 9).

No obstante, al igual que en otoño, las características de la columna de agua sugieren que los eventos de surgencia no habrían tenido una importante influencia en los estratos superficiales, especialmente considerando la profundidad de localización de la isoterma de 15°C y del límite superior de la ZMO, que promediaron los 50 y 100 m

respectivamente, probablemente por la influencia del ASS en gran parte del área y en los primeros 50 m de profundidad.

Este escenario se asocia al efecto de la condición regional, la que durante el mes de septiembre continuó mostrando temperaturas más cálidas de lo normal en todo el Pacífico Ecuatorial, sobre todo en la región Oriental. De igual manera, si bien se observó una muy ligera reducción de la TSM en casi todas las regiones El Niño, excepcionalmente la región 1+2 se mantuvo en +2,8°C sobre lo normal (Figura 10). No obstante, los modelos del ECMWF indican una tendencia a reducción de las anomalías cálidas, hasta fin de año, en la región El Niño 1+2.

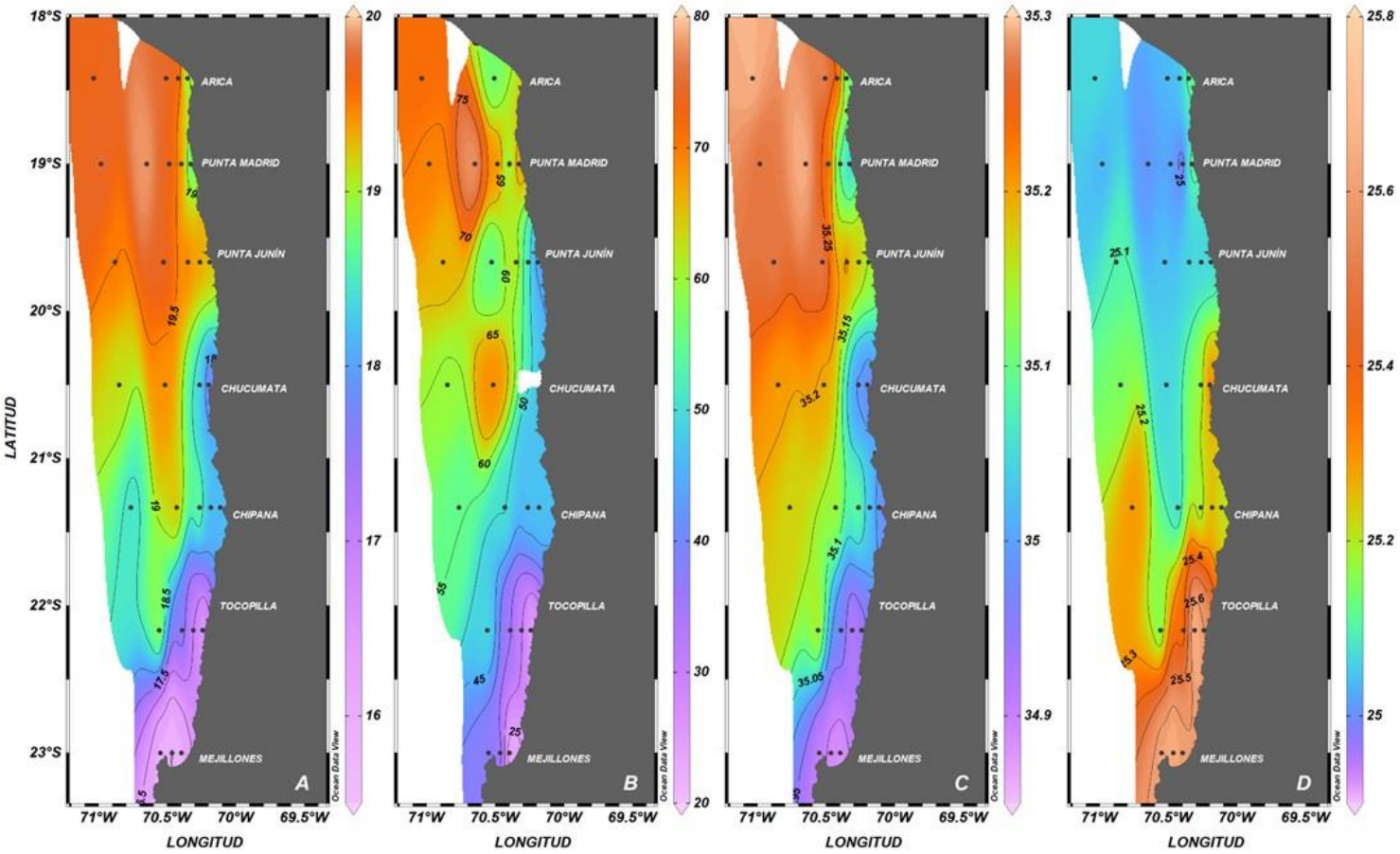

Figura 2. A: distribución superficial de la temperatura (°C), B: profundidad de la isoterma de 15°C (m), C: distribución superficial de la salinidad (ups) y D: distribución superficial de la densidad (sigma-t) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

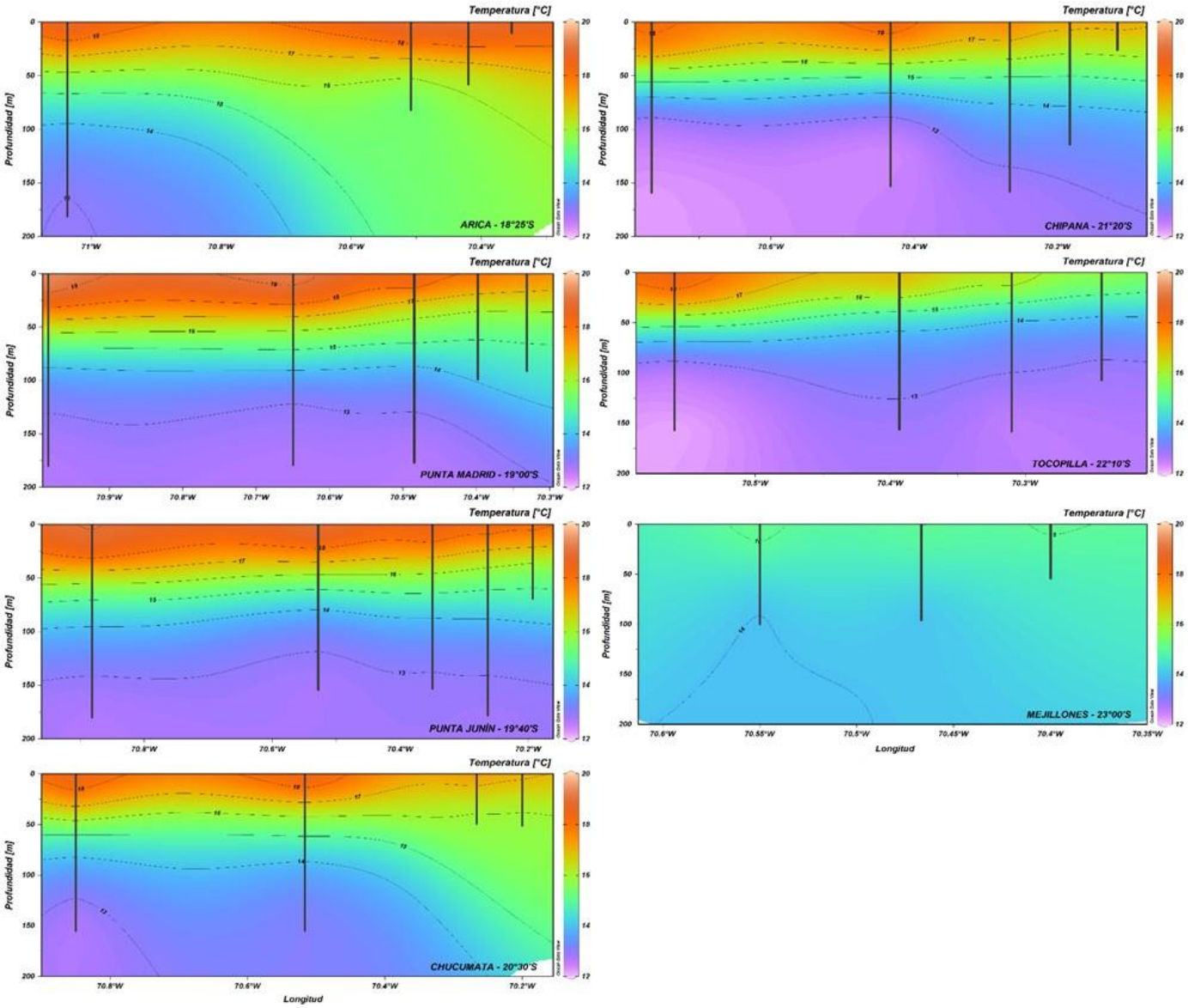

Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

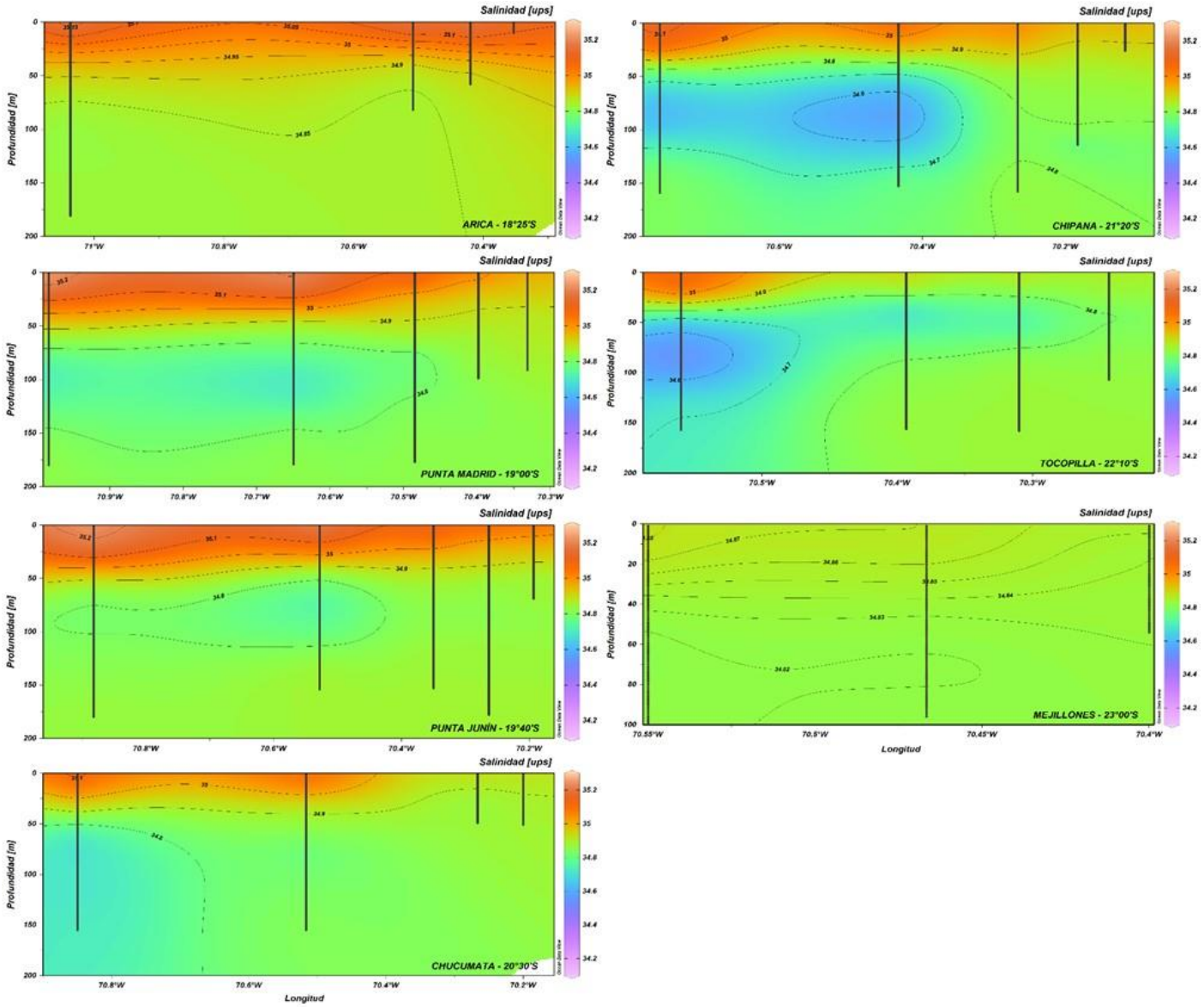

Figura 4. Distribución vertical de la salinidad (ups) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

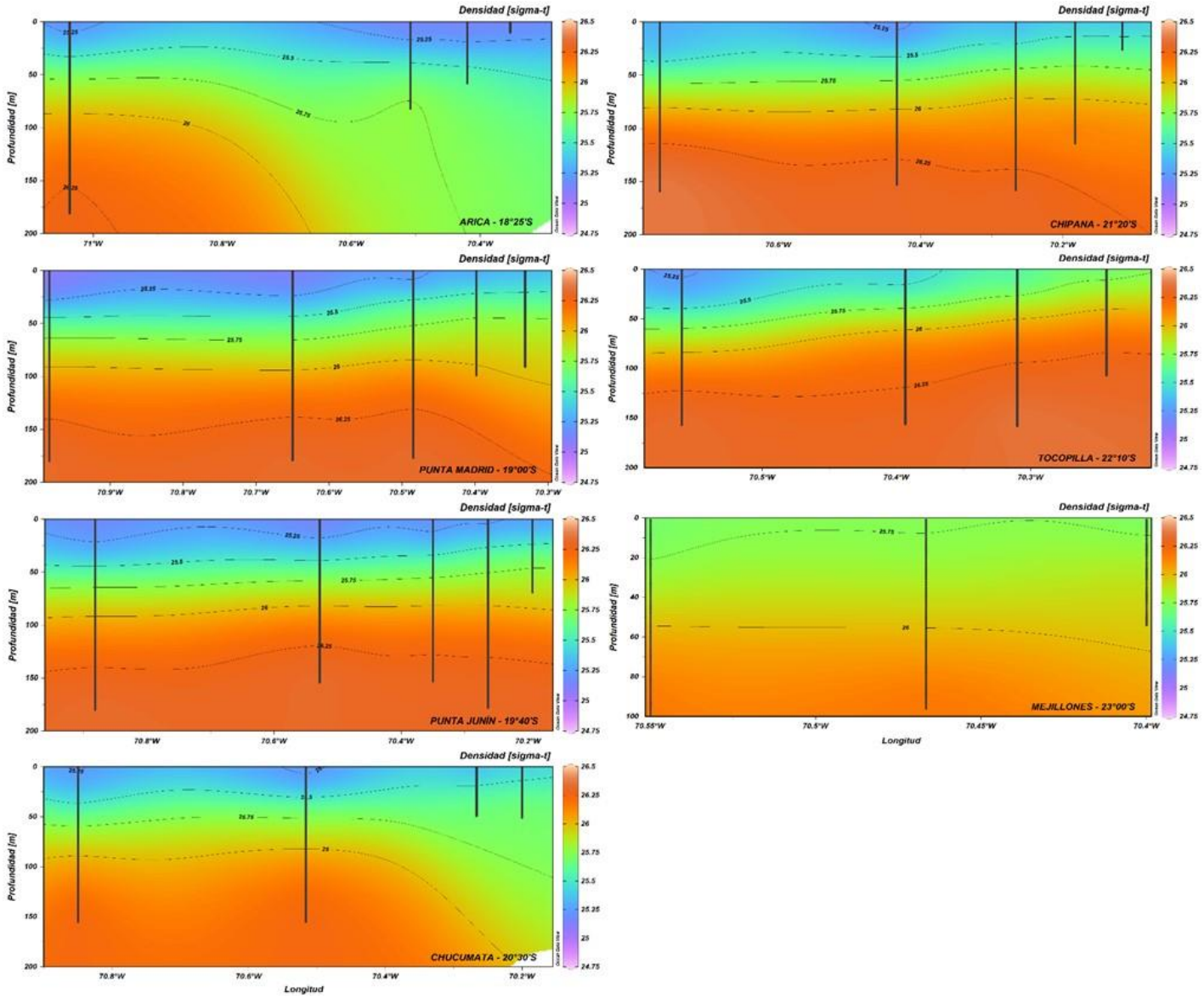

Figura 5. Distribución vertical de la densidad (sigma-t) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

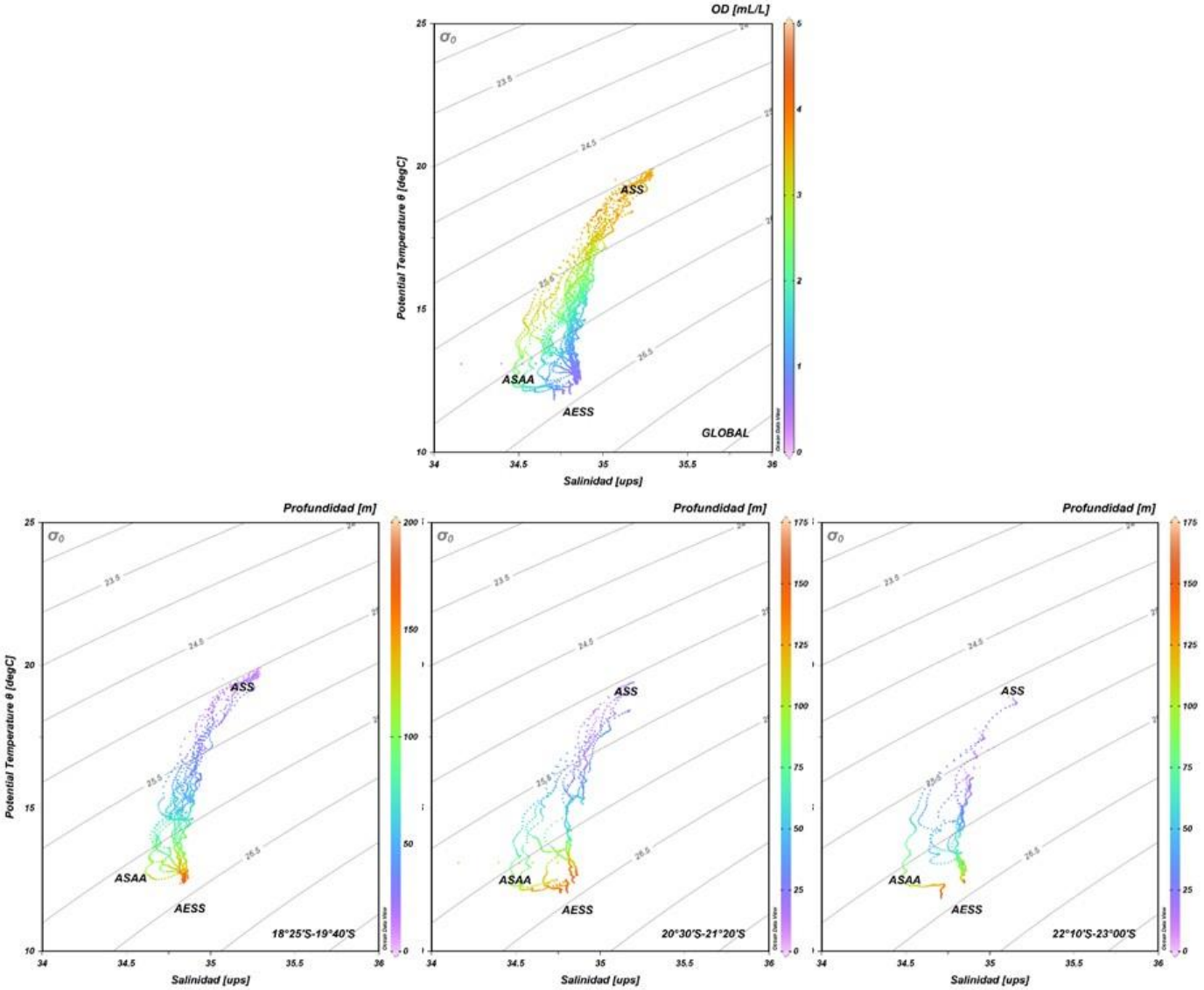

Figura 6. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) A: global, B: sector norte: 18°25’S-19°40’S, C: sector centro: 20°30’S-21°20’S y D: sector sur: 22°10’S-23°00’S, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

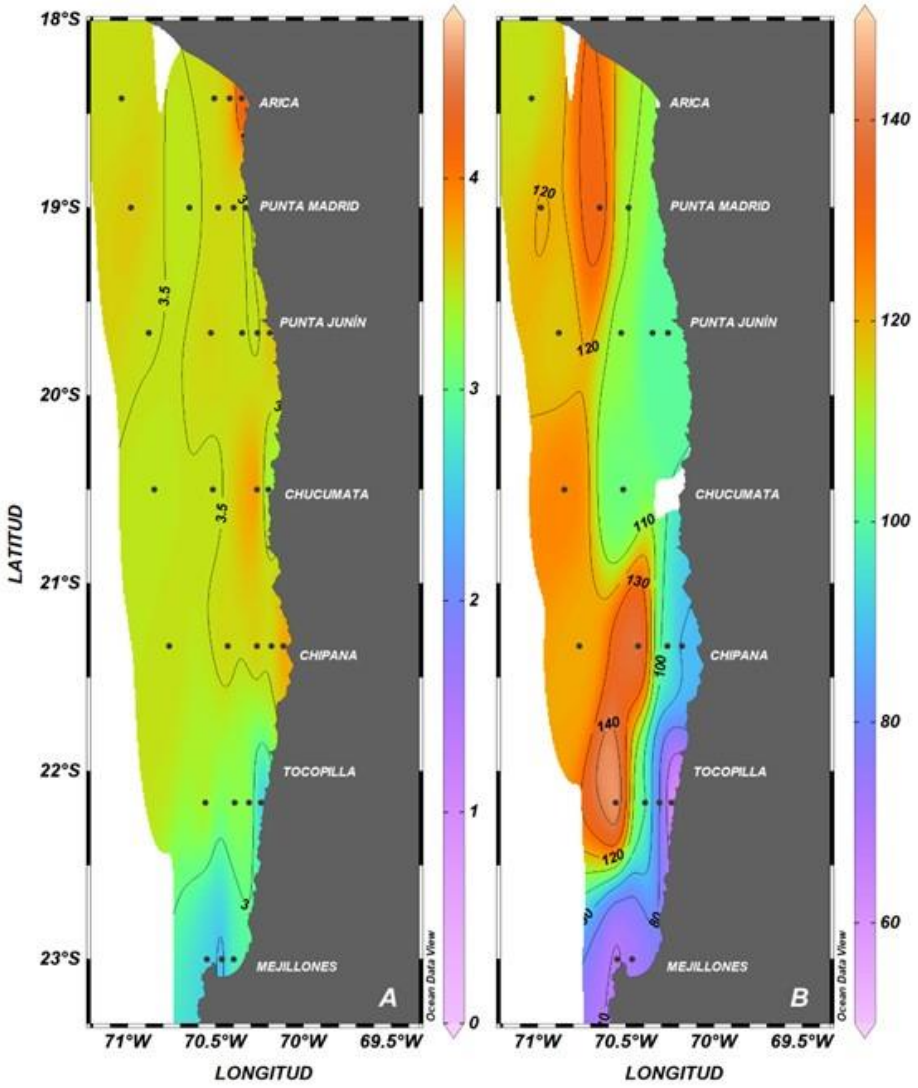

Figura 7. A: distribución superficial del oxígeno disuelto (mL O_2/L) y B: profundidad del LS_ZMO (m) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

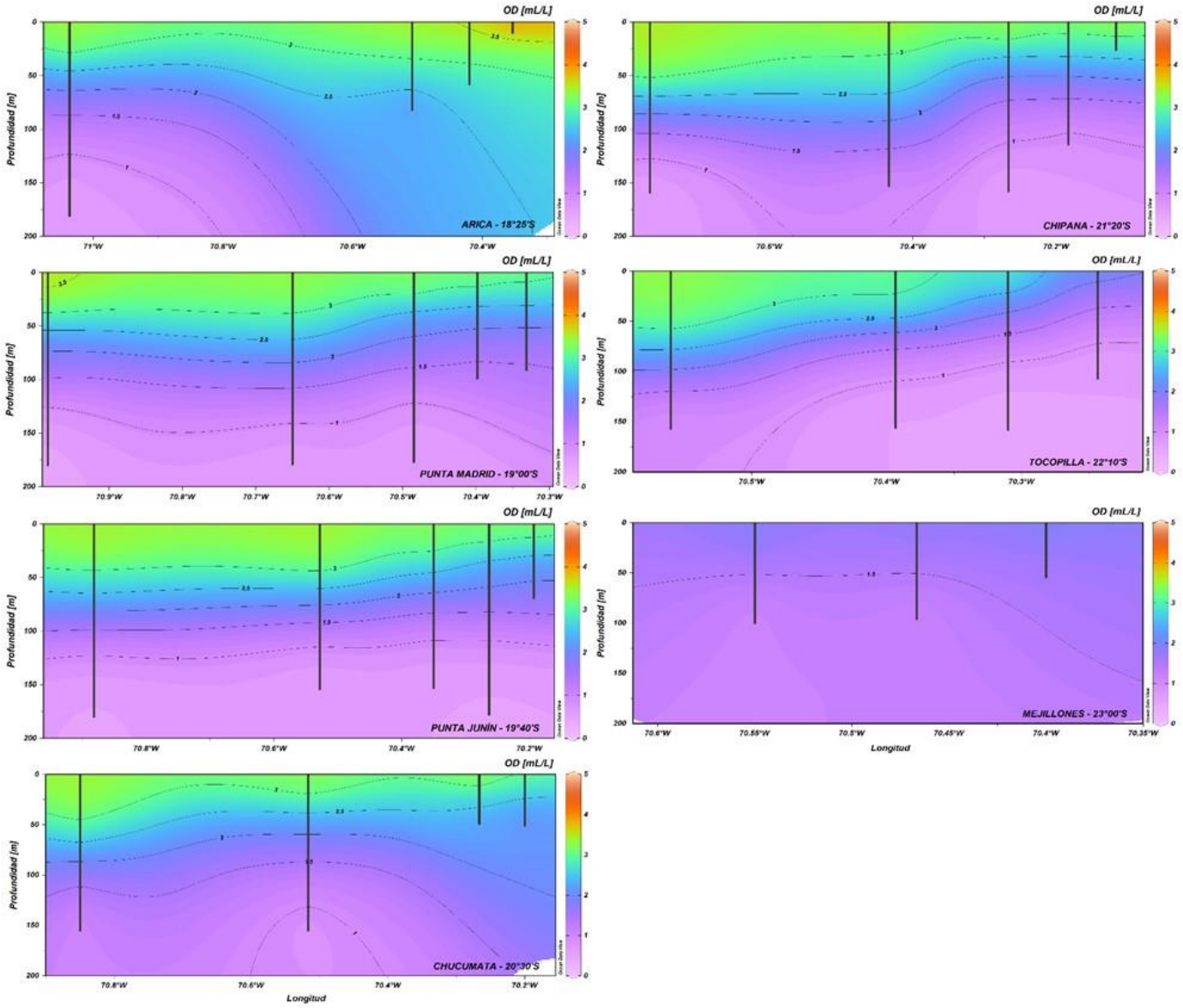

Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL O_2/L) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

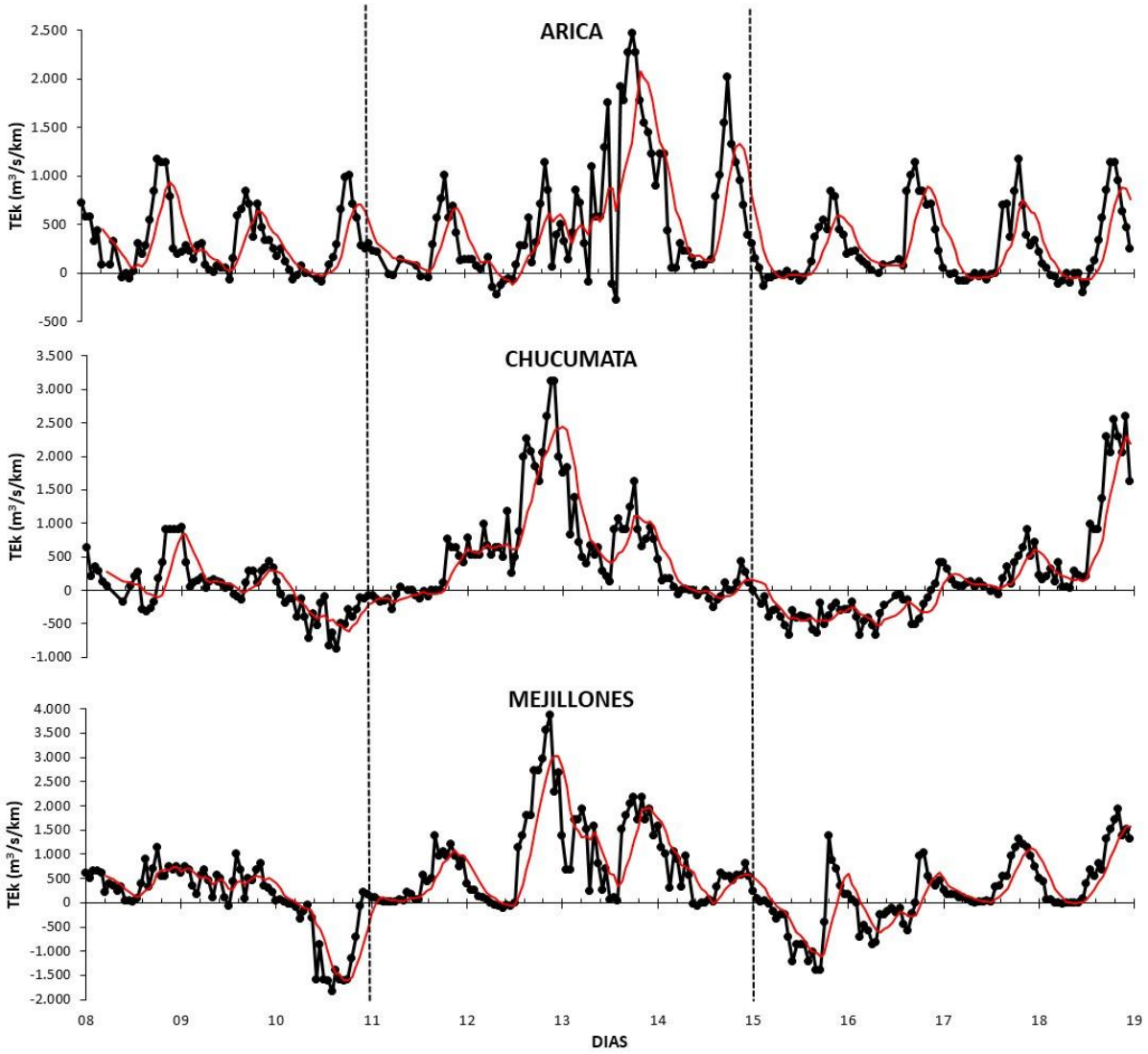

Figura 9. Valores horarios del Transporte de Ekman ($m^3/s/km$) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 8 y 18 de septiembre de 2023 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

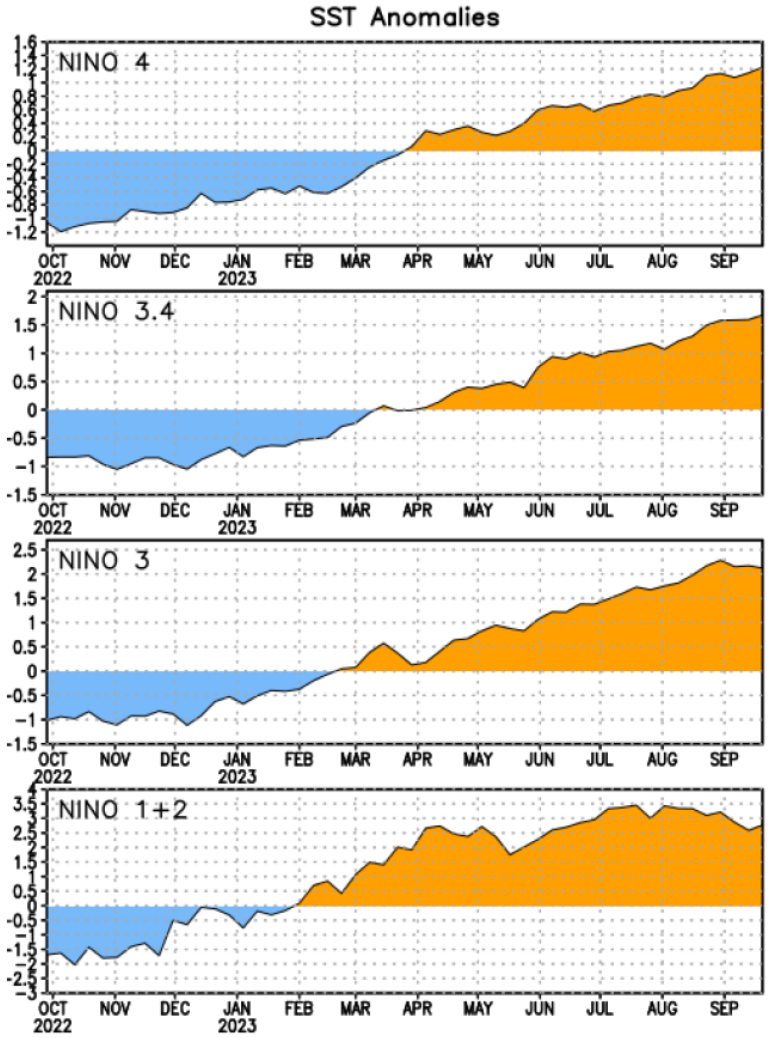

Figura 10. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en las regiones El Niño entre octubre de 2022 y el 25 de septiembre de 2023 (fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov).

LITERATURA CONSULTADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina octubre 2023.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 25 September 2023. https://www.cpc.ncep.noaa.gov.