



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-OCEANOGRÁFICO DE INVIERNO

AGOSTO DE 2022

INTRODUCCIÓN

Se presentan los resultados preliminares de las condiciones de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto registradas durante el crucero de invierno de 2022.

METODOLOGIA

El crucero se llevó a cabo entre los días 29 de agosto y 02 de septiembre de 2022 a bordo de la embarcación PAM "Atacama IV", 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.

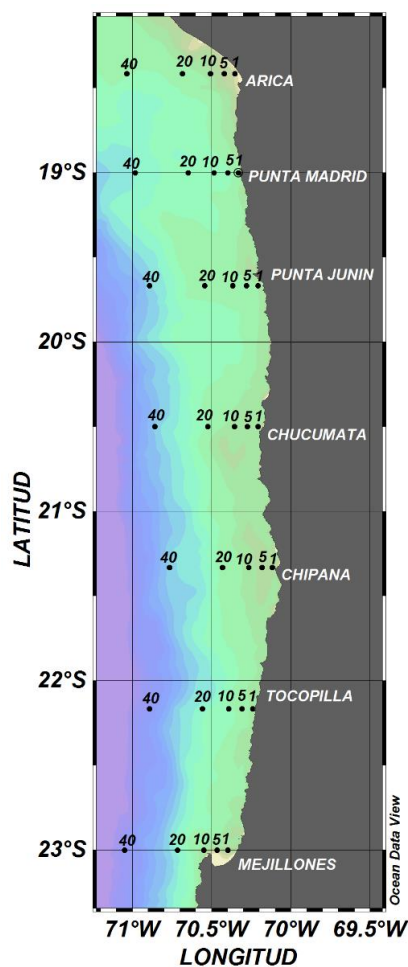


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo durante el crucero de invierno de 2022.

RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 14,2 y 16,9°C. Valores inferiores a 16°C predominaron en la franja entre 1 y 10 mn entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S), y hacia las 40 mn se incrementaron hasta el máximo de 16,9°C registrado frente a punta Madrid (19°00'S). Hacia el sur, entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), las bajas temperaturas (<16°C) se extendieron entre 1 y 40 mn de la costa, con el mínimo de 14,2°C localizado a 10 mn frente a Mejillones (23°00'S) (Figura 2A). De manera concordante, la isoterma de 15°C, cuando fue detectada, se localizó por sobre los 15 m de profundidad entre 1 y 10 mn de la costa. Hacia la región más oceánica se profundizó alcanzando un máximo de 38,3 m en Tocopilla y a 40 mn de la costa (Figura 2B).

En la componente vertical las secciones entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) muestran las mayores temperaturas (>16°C) restringidas a las 40 mn y al estrato de los 5 m de profundidad. La isoterma de 15°C alcanzó la superficie alrededor de las 20 mn, y hacia la costa y en el resto de la columna de agua predominaron valores inferiores a 15°C. Esta condición se hizo más evidente desde Chucumata (20°30'S) al sur, especialmente en Mejillones (23°00'S) donde no se registraron temperaturas mayores a 14,5°C. En todas las localidades se detectó la inclinación de las isotermas en la costa (1 mn) producto del ascenso del agua subsuperficial (Figura 3).

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,69 y 35,06 ups. Desde Arica (18°25'S) a Chucumata (20°30'S) la zona entre 1 y 10 mn se encontró dominada por valores inferiores a 34,9 ups, mientras que hacia las 40 mn se detectó un incremento registrándose dos máximas superiores a 35 ups, una de 35,03 ups frente a Arica (18°25'S) y la otra de 35,06 ups frente a punta Junín (19°40'S). Entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S) predominaron salinidades cercanas a 38,5 ups y menores a lo largo de toda la transecta, particularmente en Mejillones (23°00'S). El mínimo de 34,69 ups fue detectado a 1mn frente a Tocopilla (22°10'S) (Figura 2C).

La distribución vertical evidenció la presencia del dominio de salinidades menores a 34,85 ups en todas las localidades y en toda la columna de agua. Sólo en Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), se observan los valores cercanos a 35 ups que se restringieron a las 40 mn y al estrato superficial. Como es característico, desde Chucumata (20°30'S) y alrededor de los 50 m de profundidad, se observa la intrusión, desde la región oceánica, de salinidades menores a 34,75 ups, las que en Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) se extendieron hasta la costa y alcanzaron la superficie (Figura 4).

La densidad (sigma-t) presentó en superficie valores que fluctuaron entre 25,50 y 26,00. Siguiendo el patrón de distribución de la temperatura y la salinidad, las mayores densidades (>25,7) se distribuyeron en la franja entre 1 y 10 mn entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S), mientras que hacia las 20 y 40 mn disminuyeron hasta el mínimo de 25,50 que se detectó asociado a la máxima temperatura (16,9°C). Hacia el sur, estos altos valores (>25,7) se extendieron a lo largo de toda la transecta, registrándose la máxima de

26,00 coincidente con la mínima temperatura (14,2°C) frente a Mejillones (23°00'S) a 10 mn de la costa (Figura 2D).

De igual manera, la distribución vertical mostró, entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), el estrato superficial influenciado por densidades bajo los 25,7 restringidos a las 20 y 40 mn. Hacia la costa y en el resto de la columna de agua los valores superaron los 26, condición que se hizo más evidente en Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S). En todas las secciones se observó el ascenso de las isopícnas en la costa (1 mn), y en varias de ellas la isopícnica de 26 alcanzó la superficie (Figura 5).

En concordancia con lo anterior, los diagramas T-S confirmaron la presencia de dos masas de agua de la región: el Agua Subantártica (ASAA) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). El ASS no fue detectada. En toda la región predominó la mezcla de ASAA y AESS entre la superficie y alrededor de los 125 m de profundidad, exhibiendo el ASAA una mayor participación entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S). El AESS se registró bajo los 150 m de profundidad (Figura 6).

El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 2,0 y 4,2 mL O₂/L. Toda el área se encontró influenciada por valores cercanos a 3,5 mL O₂/L, con focos inferiores a 3,0 mL O₂/L localizados frente a punta Madrid (19°00'S), Chucumata (20°30'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), detectándose en Chucumata (20°30'S) el mínimo de 2,0 mL O₂/L a 1 mn. Hacia las 20 y 40 mn las concentraciones de oxígeno se incrementaron, registrándose el máximo de 4,2 mL O₂/L en Chipana (21°20'S) a 20 mn (Figura 7A).

En la componente vertical, todas las secciones evidenciaron la presencia de concentraciones de oxígeno inferiores a 2,0 mL O₂/L ocupando la columna de agua bajo los 50 m de profundidad. En la costa (1 mn) se registró el ascenso de las oxilíneas evidenciando procesos de surgencia, con la oxilínea de 2,0 mL O₂/L alcanzado la superficie (Figura 8). El límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS_ZMO) (1,0 mL O₂/L) se localizó, en general, bajo los 50 m de profundidad en la costa (1-10 mn), exhibiendo una profundización hacia el sector más oceánico donde se registró a una profundidad máxima de 106,4 m a 10 mn frente a Tocopilla (22°10'S). La profundidad mínima fue de 23,2 m en Chucumata (20°30'S) a 1 mn de la costa (Figura 7B).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Considerando la condición fría propia de la estacionalidad, el invierno de 2022 se registra como uno de los más fríos desde 2018, existiendo, además, un cambio en la característica estructura halina superficial que evidencia la influencia del ASS en la región, lo cual no fue registrado en el presente crucero.

Por otra parte, si bien se detectó en la costa (1 mn) el ascenso de las isolíneas evidenciando procesos de surgencia, como es propio del periodo otoño-invierno, los valores del transporte de Ekman indicaron eventos débiles y moderados, con magnitudes

predominantes bajo los $600 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ en las tres localidades (Figura 9), dando promedios de 340,7, 383,7 y $397,7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ para Arica, Chucumata y Mejillones respectivamente.

Esta condición de surgencia débil y moderada se evidenció principalmente en la profundidad de localización del límite superior de la ZMO, la que superó en gran parte del área los 50 m y, además, por el dominio del ASAA en la región y la baja participación del AESS.

En relación con la influencia de la condición regional, de acuerdo con la información proporcionada por CIIFEN, desde junio las anomalías negativas de la TSM en la región El Niño 1+2 han mostrado una fluctuación entre -1,2 y -0,6, pero se mantienen en umbrales característicos de La Niña (Figura 10) al igual que el IOS (>7). El pronóstico del ENOS para el próximo trimestre (septiembre-noviembre) prevé un 91% de probabilidades de condiciones La Niña, que se mantendrían hasta el primer trimestre de 2023.

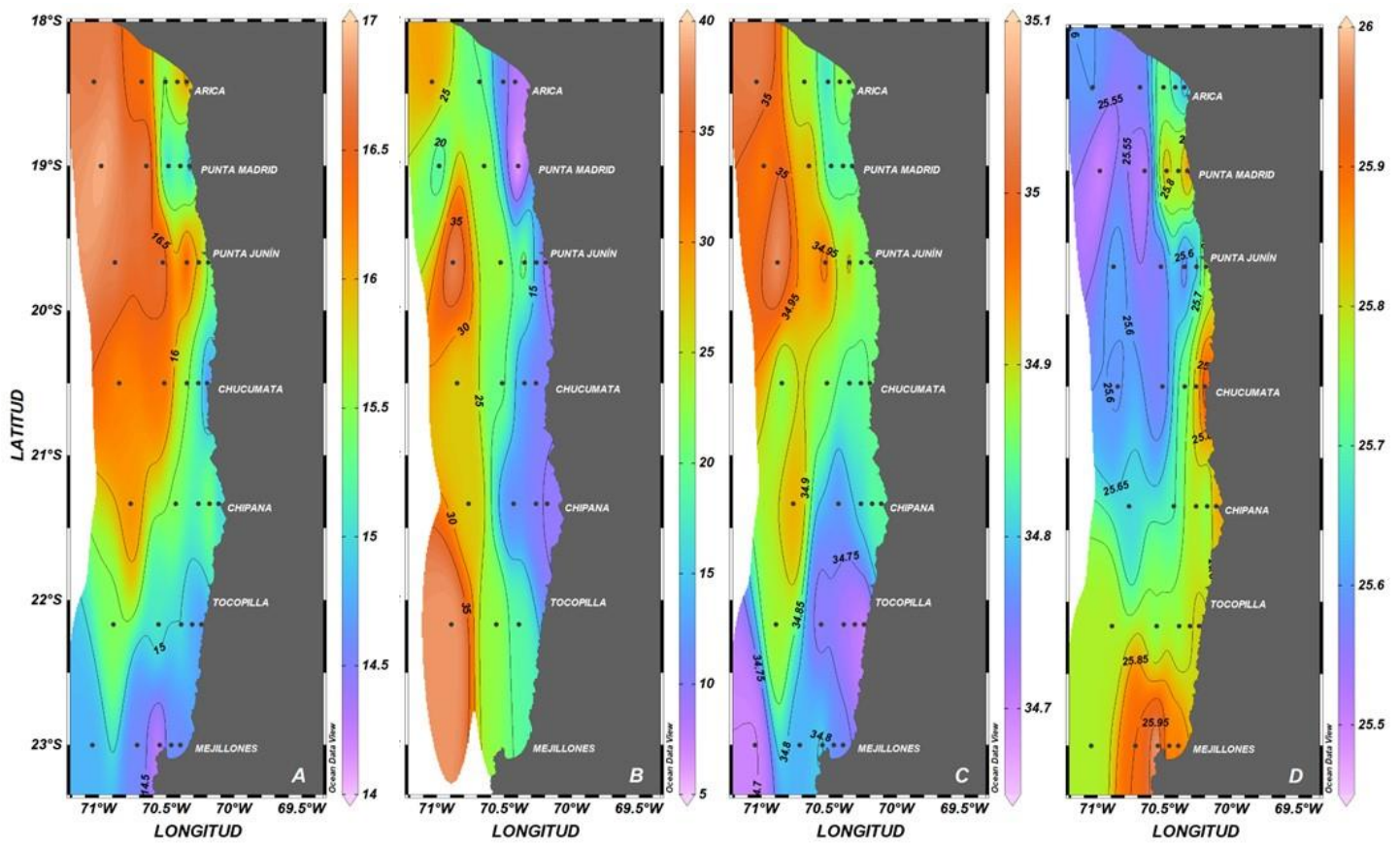


Figura 2. A: distribución superficial de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), B: profundidad de la isoterma de 15°C (m), C: distribución superficial de la salinidad (ups) y D: distribución superficial de la densidad ($\sigma\text{-t}$) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

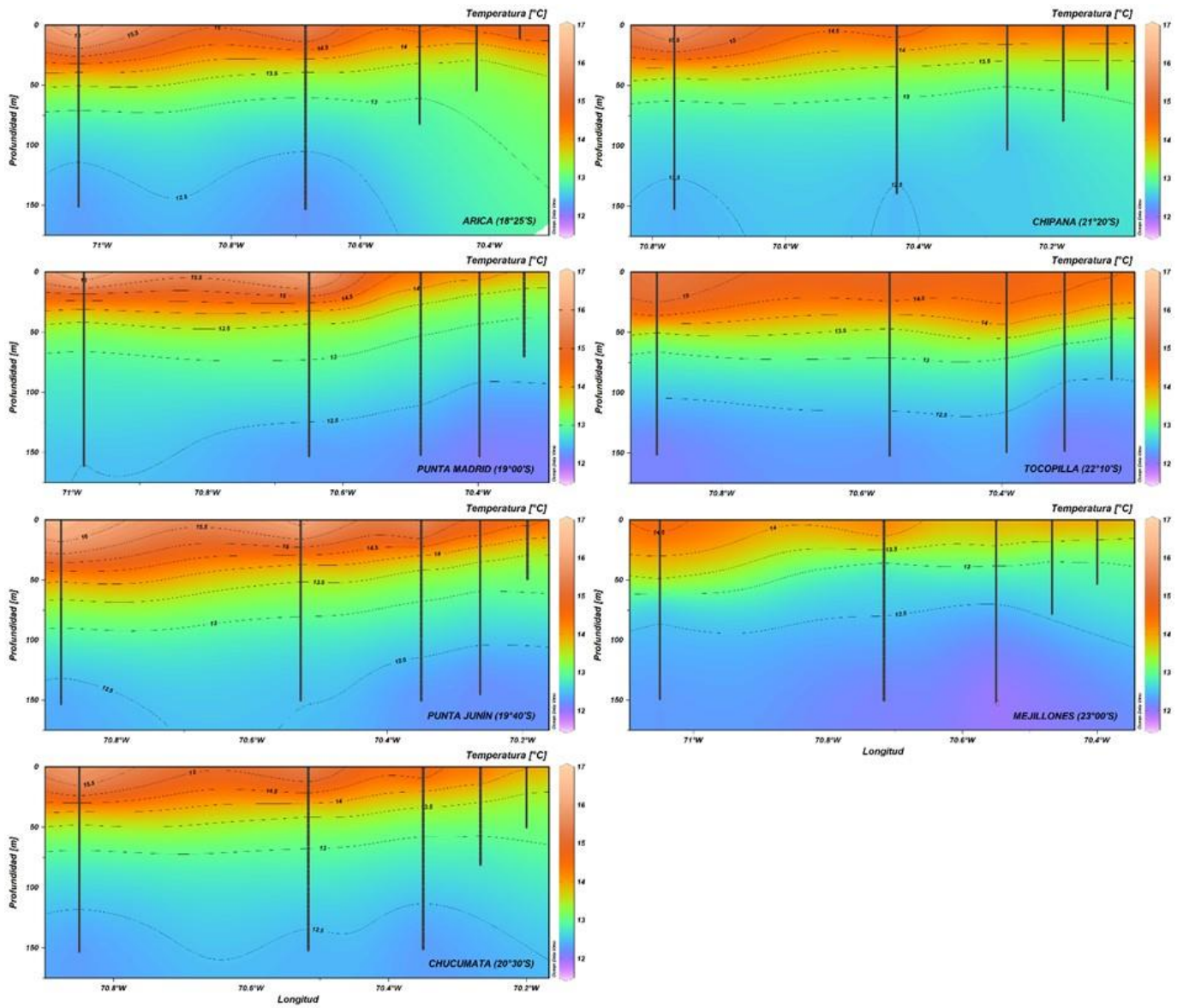


Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

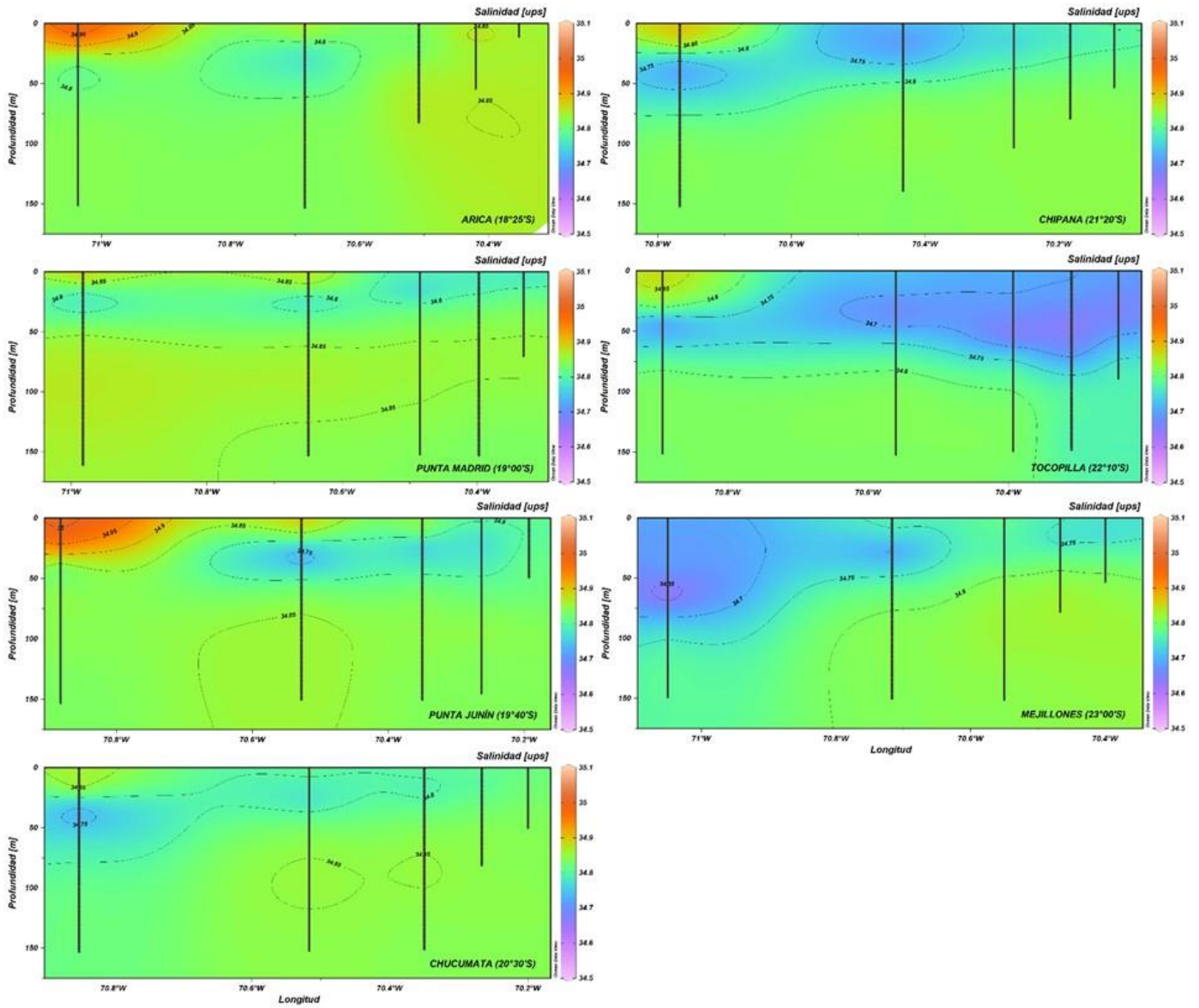


Figura 4. Distribución vertical de la salinidad (ups) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

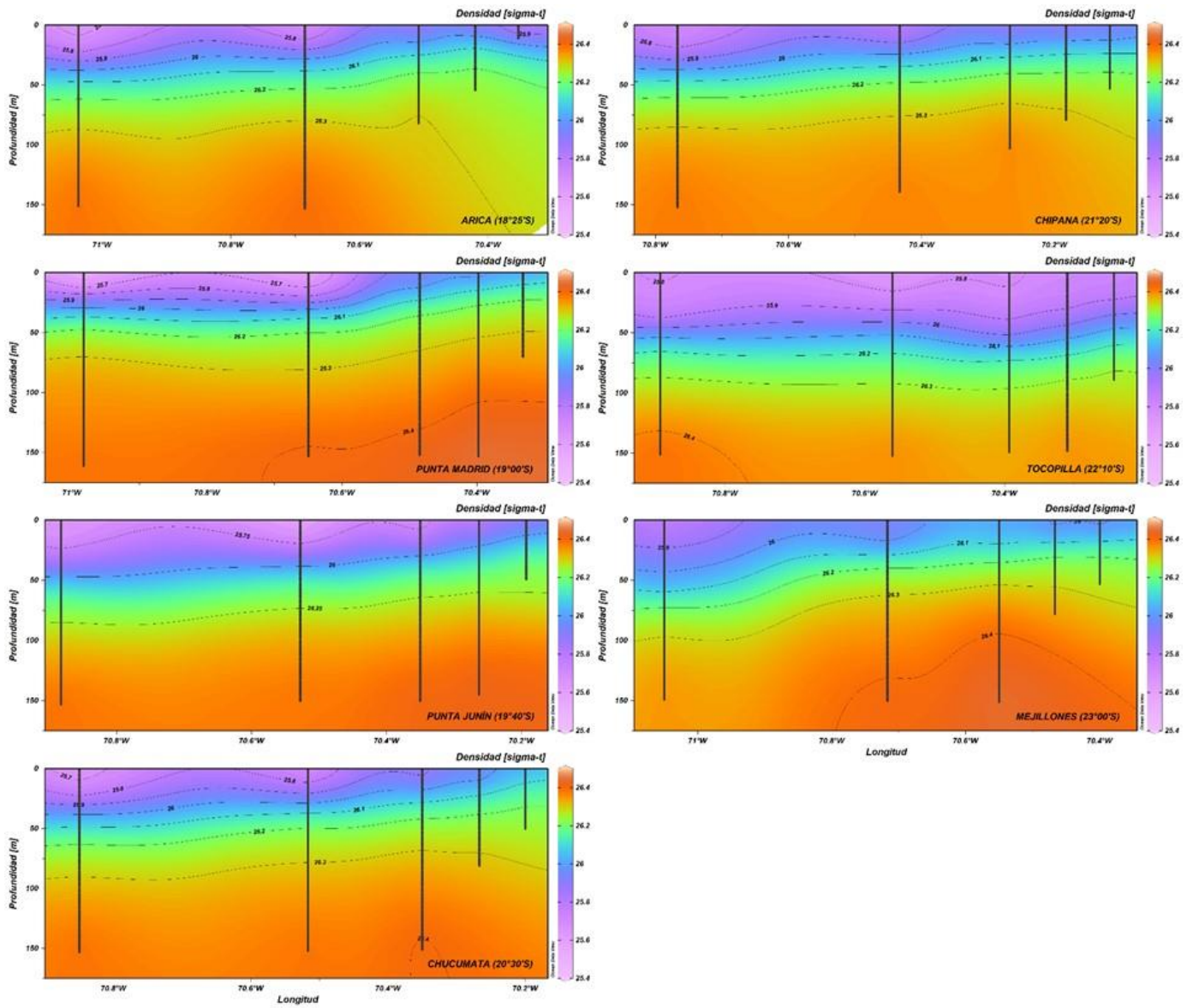


Figura 5. Distribución vertical de la densidad (sigma-t) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

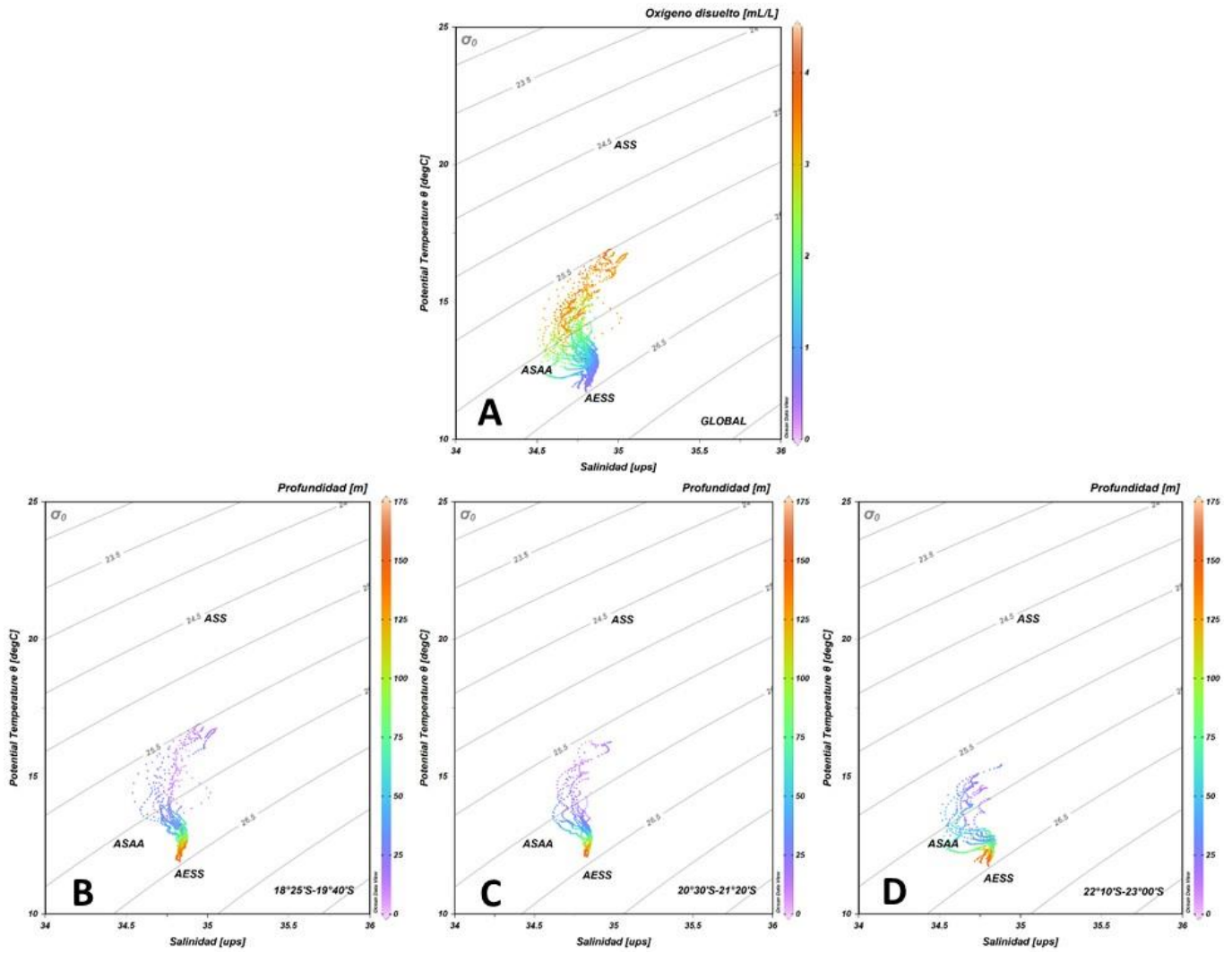


Figura 6. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) A: global, B: sector norte: 18°25'S-19°40'S, C: sector centro: 20°30'S-21°20'S y D: sector sur: 22°10'S-23°00'S, entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

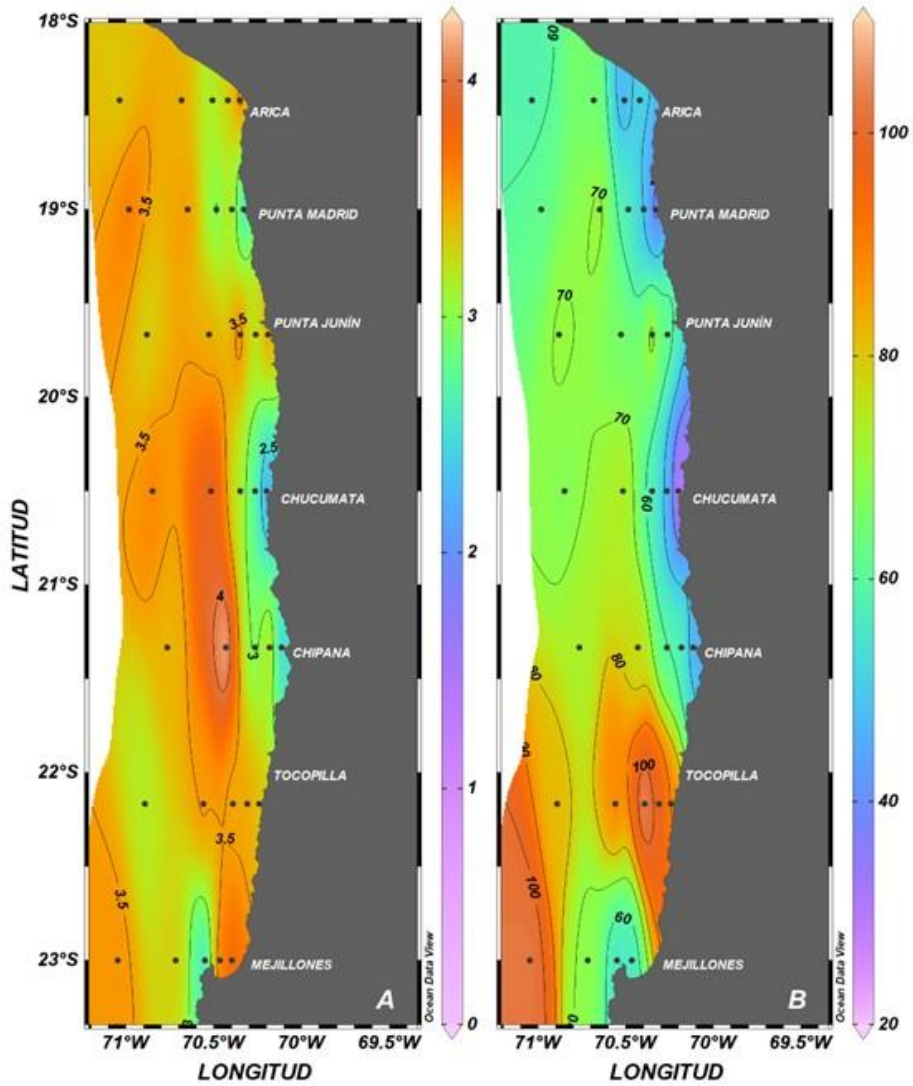


Figura 7. A: distribución superficial del oxígeno disuelto (mL O₂/L) y B: profundidad del LS_ZMO (m) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

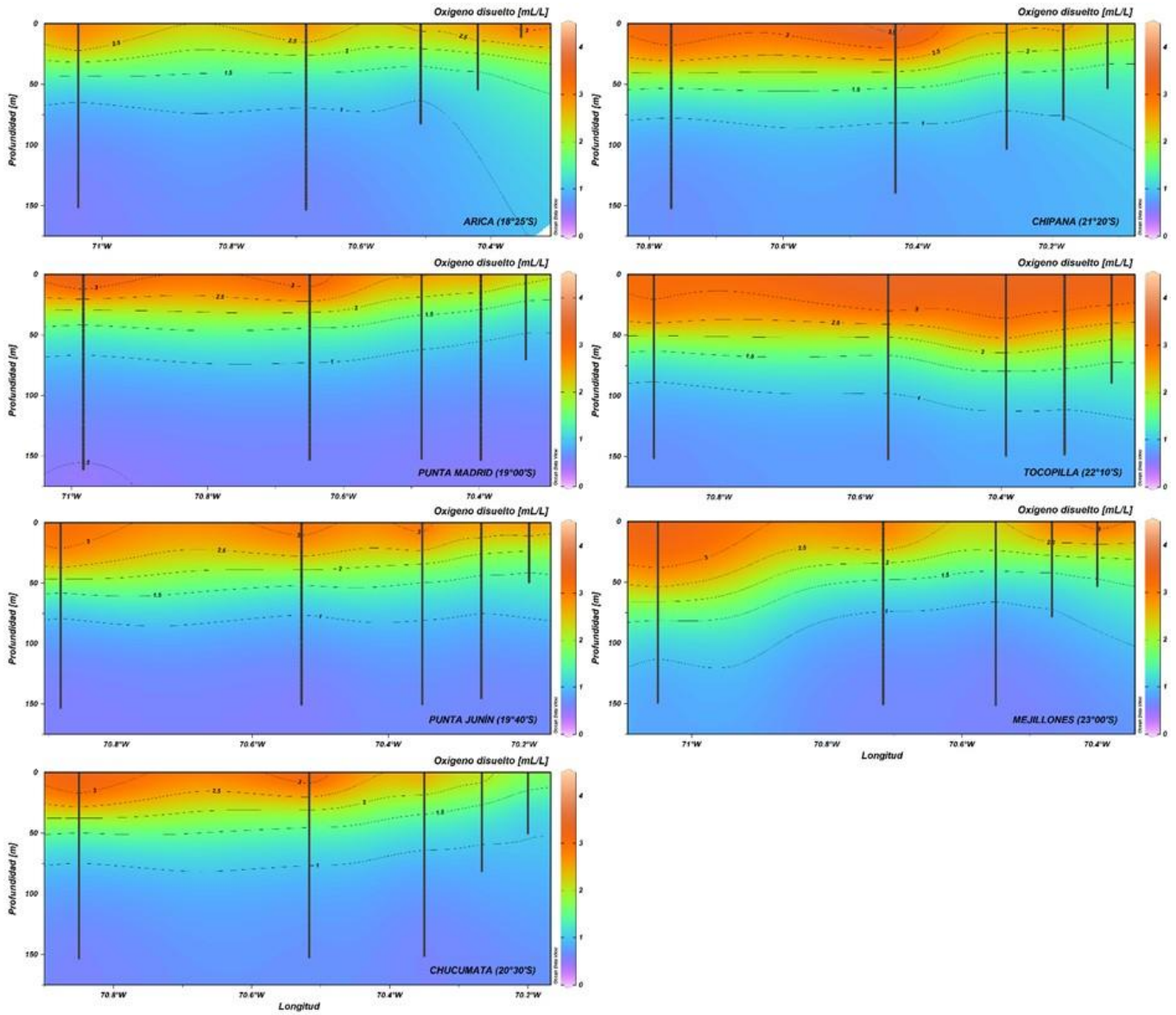


Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL O₂/L) entre los días 29 de agosto y 2 de septiembre de 2022.

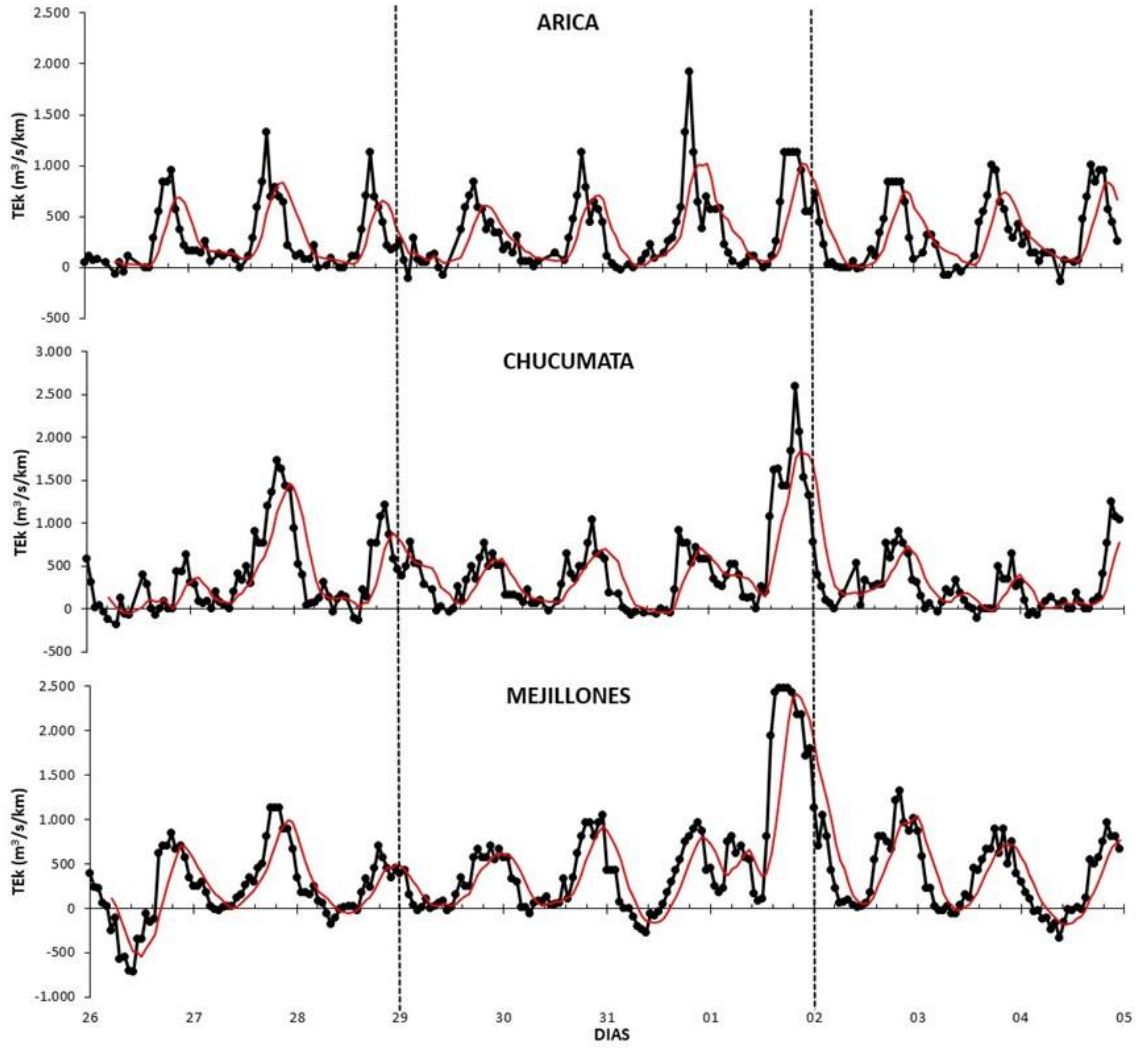


Figura 9. Valores horarios del Transporte de Ekman ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}$) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 26 de agosto y 4 de septiembre de 2022 (entre líneas punteadas los días de realización del cruceo).

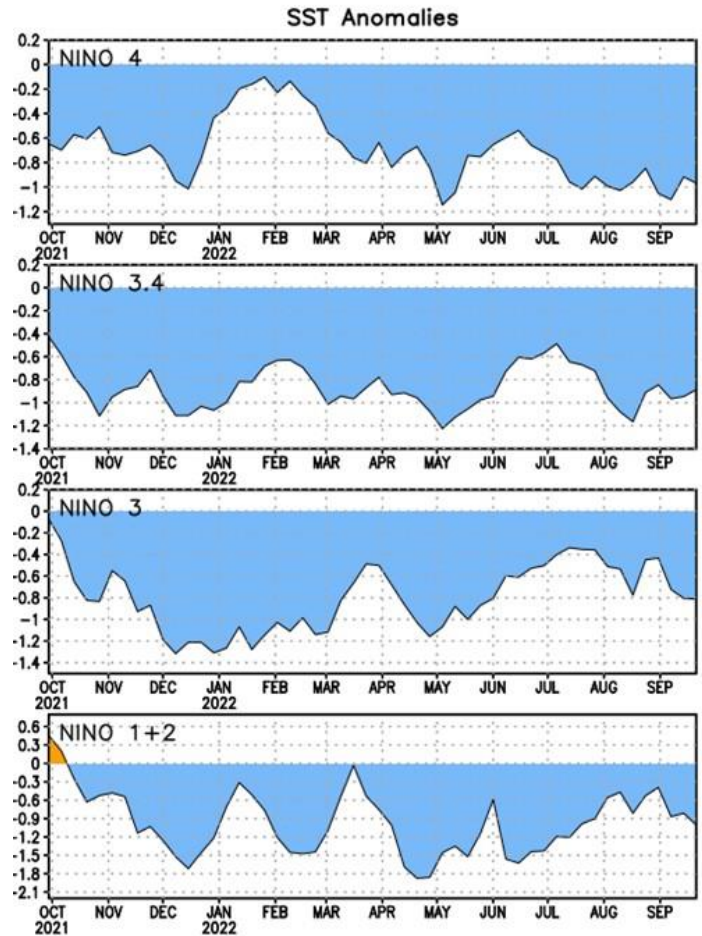


Figura 10. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en las regiones El Niño entre octubre de 2021 y el 26 de septiembre de 2022 (fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov).

LITERATURA CONSULTADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina septiembre 2022.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 26 September 2022. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>.