



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 PRIMAVERA

DICIEMBRE DE 2023

INTRODUCCIÓN

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

METODOLOGIA

El crucero se llevó a cabo entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023 a bordo de la embarcación PAM “Relámpago”, proporcionada por la empresa pesquera Corpesca S.A.

El área de estudio comprendió la zona entre punta Junín (19°40'S) y Mejillones (23°00'S), donde se establecieron 5 transectas perpendiculares a la costa con estaciones localizadas entre 10 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.

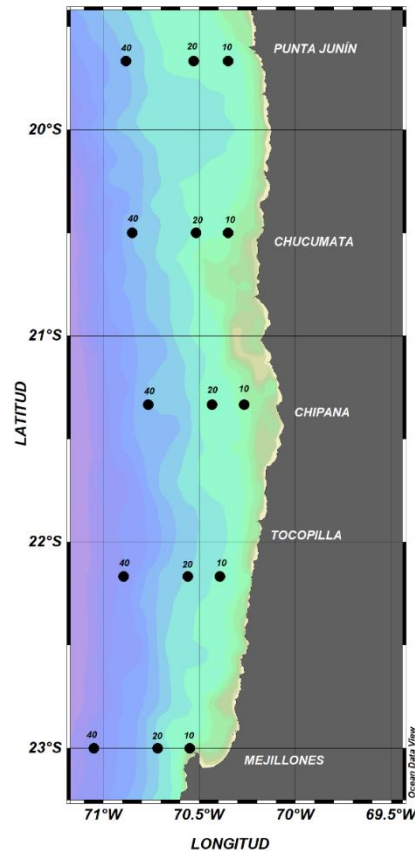


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo durante el crucero de primavera de 2023.

RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 16,6 y 22,0°C. Valores superiores a 20°C se registraron en la zona entre punta Junín (19°40'S) y Tocopilla (22°10'S) ocupando las 40 mn, abarcando hasta las 20 mn en el sector de Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S). En punta Junín (19°40'S) y Mejillones (23°00'S), las 10 y 20 mn estuvieron influenciadas por temperaturas inferiores a 20°C, detectándose el foco de mínima (16,6°C) a 10 mn frente a Mejillones (23°00'S), mientras que en punta Junín (19°40'S) alcanzó los 18,2°C (Figura 2A).

En la componente vertical se observó la presencia del agua cálida (>20°C) ocupando el estrato hasta los 25 m de profundidad en Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S), donde se detectó su intrusión hasta las 20 mn. Por el contrario, en punta Junín (19°40'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), la surgencia de aguas subsuperficiales, evidenciada por la inclinación de las isotermas a 10 mn, replegó el agua cálida a las 40 mn y a los primeros 10 m de profundidad, quedando las 10 y 20 mn ocupadas por aguas más frías que generaron los focos de mínima en Mejillones (23°00'S) (16,6°C) y en punta Junín (19°40'S) (18,2°C) (Figura 3). Lo anterior se corroboró con la localización de la isoterma de 15°C, que alcanzó valores cercanos a 20 m de profundidad a las 10 mn de la costa en punta Junín (19°40'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S). Hacia las estaciones más oceánicas superó los 50 m, alcanzando una profundidad máxima de 70 m frente a Mejillones a 40 mn (Figura 2B).

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,74 y 35,41 ups. Coincidente con la distribución de la temperatura, valores inferiores a 35 ups se registraron entre las 10 y 20 mn en las localidades influenciadas por las aguas de menor temperatura (<20°C), detectándose el mínimo de 34,74 ups frente a Mejillones (23°00'S) a 10 mn de la costa. En el resto del área dominaron salinidades mayores a 35 ups, llegando hasta las 20 mn en Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S) (Figura 2C).

Las secciones verticales de Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S) mostraron la presencia del agua más salina (>35 ups) ocupando el estrato hasta los 40 m de profundidad entre las 20 y las 40 mn. En punta Junín (19°40'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S) ésta se restringió a las 40 mn y a los primeros 25 m de debido al ascenso de aguas subsuperficiales que condujeron aguas de salinidades menores a 34,9 ups a la superficie, las que abarcaron entre 10 y 20 mn de la costa. La columna de agua bajo los 50 m de profundidad se encontró dominada por valores inferiores a 34,9 ups en todas las localidades, observándose el típico ingreso, desde la región oceánica, de la masa de agua con salinidades menores a 34,7 ups, la que avanzó hacia las 10 mn y alcanzó la superficie en Mejillones (23°00'S), donde se detectó el mínimo de 34,74 ups (Figura 4).

La densidad ($\sigma\text{-t}$) a nivel superficial fluctuó entre 24,4 y 25,41. Valores superiores a 25 sólo se detectaron asociados a los focos de baja temperatura y

salinidad localizados en punta Junín (19°40'S) y Mejillones (23°00'S), donde se observaron máximos de 25,10 y 25,41 respectivamente. El resto del área se encontró influenciada por densidades menores a 25, predominando valores entre 24,6 y 24,7, con el mínimo de 24,4 localizado en Chucumata (20°30'S) a 20 mn de la costa (Figura 2D).

Las secciones verticales mostraron la presencia de aguas con densidades inferiores a 25 ocupando el estrato entre la superficie y los 25 m de profundidad, extendiéndose entre las 10 y 40 mn con excepción de punta Junín (19°40'S) y Mejillones (23°00'S). En estas localidades, las 10 mn se encontraron influenciadas por mayores valores producto del afloramiento de agua subsuperficial, que condujo a la superficie aguas más densas. Desde los 100 m de profundidad, en todas las localidades dominaron densidades mayores a 26 (Figura 5).

Las condiciones descritas coinciden con los diagramas T-S, que revelaron la presencia del Agua Subtropical Superficial (ASS), del Agua Subantártica (ASAA) y del Agua Ecuatorial Subssuperficial (AESS). El ASS tuvo una importante influencia en toda la región, evidenciada por la distribución de las altas temperaturas y salinidades (>20°C, >35 ups). De igual manera el ASAA (<34,7 ups) mostró una alta participación en la región, especialmente entre los 50 y 100 m de profundidad y abarcando entre las 10 y 40 mn. Por otra parte, el AESS se detectó en mezcla con el ASAA bajo los 100 m (Figura 6).

El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 2,9 y 4,4 mL O₂/L. Toda el área, entre las 10 y 40 mn de la costa, presentó concentraciones cercanas a 3,0 mL O₂/L. El mínimo de 2,9 mL O₂/L se detectó en Mejillones (23°00'S) a 10 mn, asociado a las aguas de surgencia. En punta Junín (19°40'S), localidad influenciada también por las aguas de afloramiento, se observó el máximo de 4,4 mL O₂/L a 10 mn de la costa (Figura 7A), el cual se debió a la actividad autotrófica, dado que coincidió con la máxima biomasa fitoplanctónica (7,7 µg Cl-a/L).

En la componente vertical, las secciones mostraron un estrato con valores superiores a 3,0 mL O₂/L que se extendió entre la superficie y los 50 m de profundidad y entre las 10 y 40 mn, haciéndose más somero a 10 mn en punta Junín (19°40'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), localidades donde se registró el ascenso de agua subsuperficial que en Mejillones (23°00'S) condujo a la superficie concentraciones menores a 3,0 mL O₂/L. Bajo los 50 m, la columna de agua se encontró dominada por valores entre 2,5 y 1,0 mL O₂/L (Figura 8). Al respecto, el límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS_ZMO) (1,0 mL O₂/L) se localizó, en promedio, alrededor de los 100 m, detectándose por sobre esta profundidad en punta Junín (19°40'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), con una profundidad mínima de 62,4 m en Mejillones (23°00'S) (Figura 7B).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En comparación al año anterior, los registros de temperatura y salinidad revelaron una primavera cálida, especialmente considerando la extensión de las aguas con temperaturas superiores a 20°C, las que habitualmente se encuentran restringidas a las 20 y 40 mn y que en esta ocasión dominaron la franja de las 10 mn. Por otra parte, los valores del transporte Ekman, tanto en Chucumata (20°30'S) como en Mejillones (23°00'S), revelaron un activo afloramiento, con valores que superaron los 1.000 m³/s/km durante los días previos y de realización del muestreo (Figura 9), lo que es propio de la época considerando que en la región los procesos se intensifican durante la primavera y el verano.

No obstante, y tal como se observó en el otoño y en el invierno de 2023, el comportamiento de algunas variables proxy, como 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, sugieren que los eventos de surgencia no tuvieron una importante influencia en los estratos superficiales. Sólo en punta Junín (19°40'S) y Mejillones (23°00'S), restringidas a las 10 mn de la costa, junto al ascenso de aguas más frías, menos salinas y de menor contenido de oxígeno disuelto, se registraron cerca de los 20 m de profundidad.

Las condiciones descritas siguen asociadas a la influencia del evento El Niño. De acuerdo con lo que informa CIIFEN, en la primera semana de diciembre se observó la reducción de las temperaturas más cálidas de lo normal en las regiones El Niño 4, 3.4 y 1+2. Esta última tuvo una reducción de -0,8°C, pero estos valores siguen siendo significativamente cálidos (Figura 10). El pronóstico del ENOS para el próximo trimestre (enero – marzo 2024) prevé mayores probabilidades de condiciones El Niño, con una alta probabilidad de que se mantengan por lo menos hasta abril de 2024. No obstante, los modelos indican una tendencia a la reducción de las anomalías cálidas en la región El Niño 1+2.

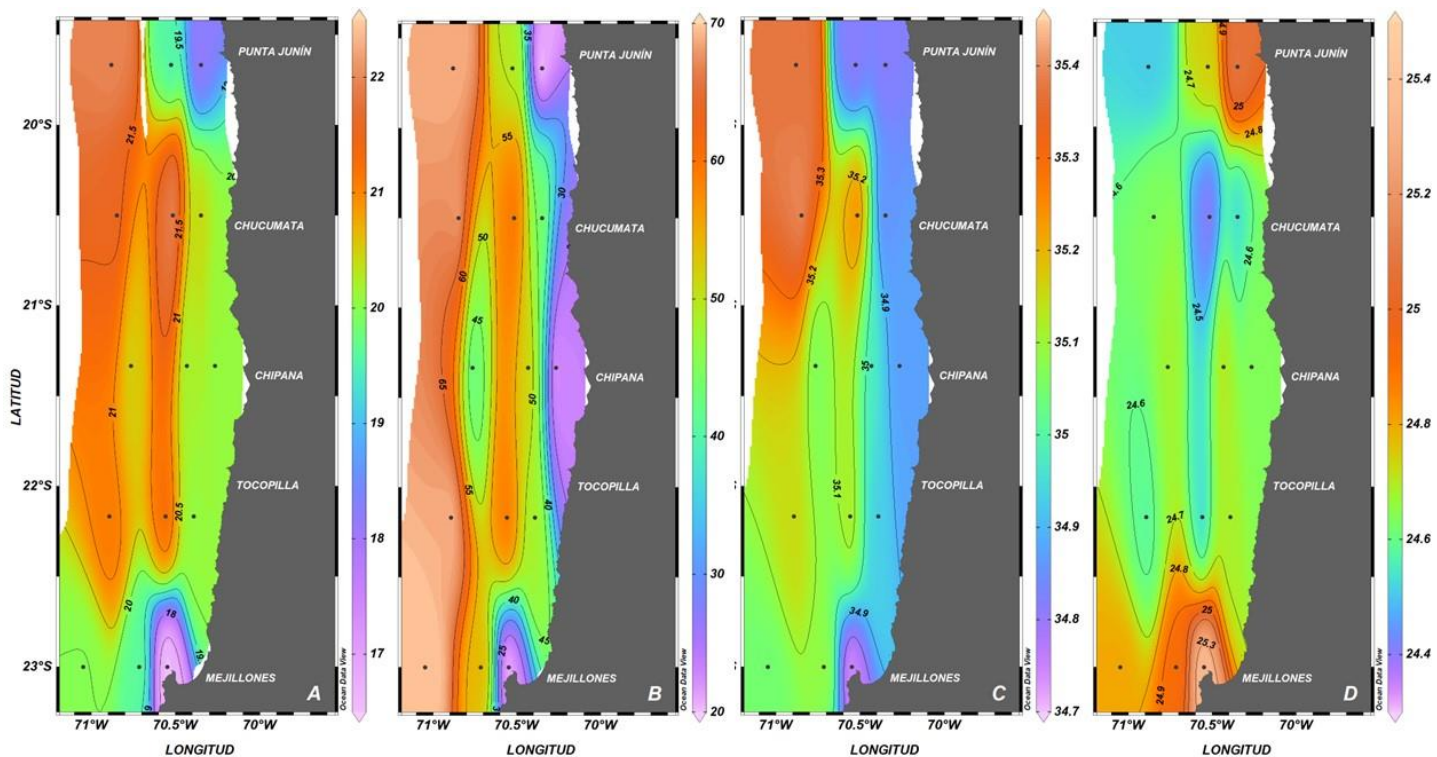


Figura 2. A: distribución superficial de la temperatura (°C), B: profundidad de la isoterma de 15°C (m), C: distribución superficial de la salinidad (ups) y D: distribución superficial de la densidad (sigma-t) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

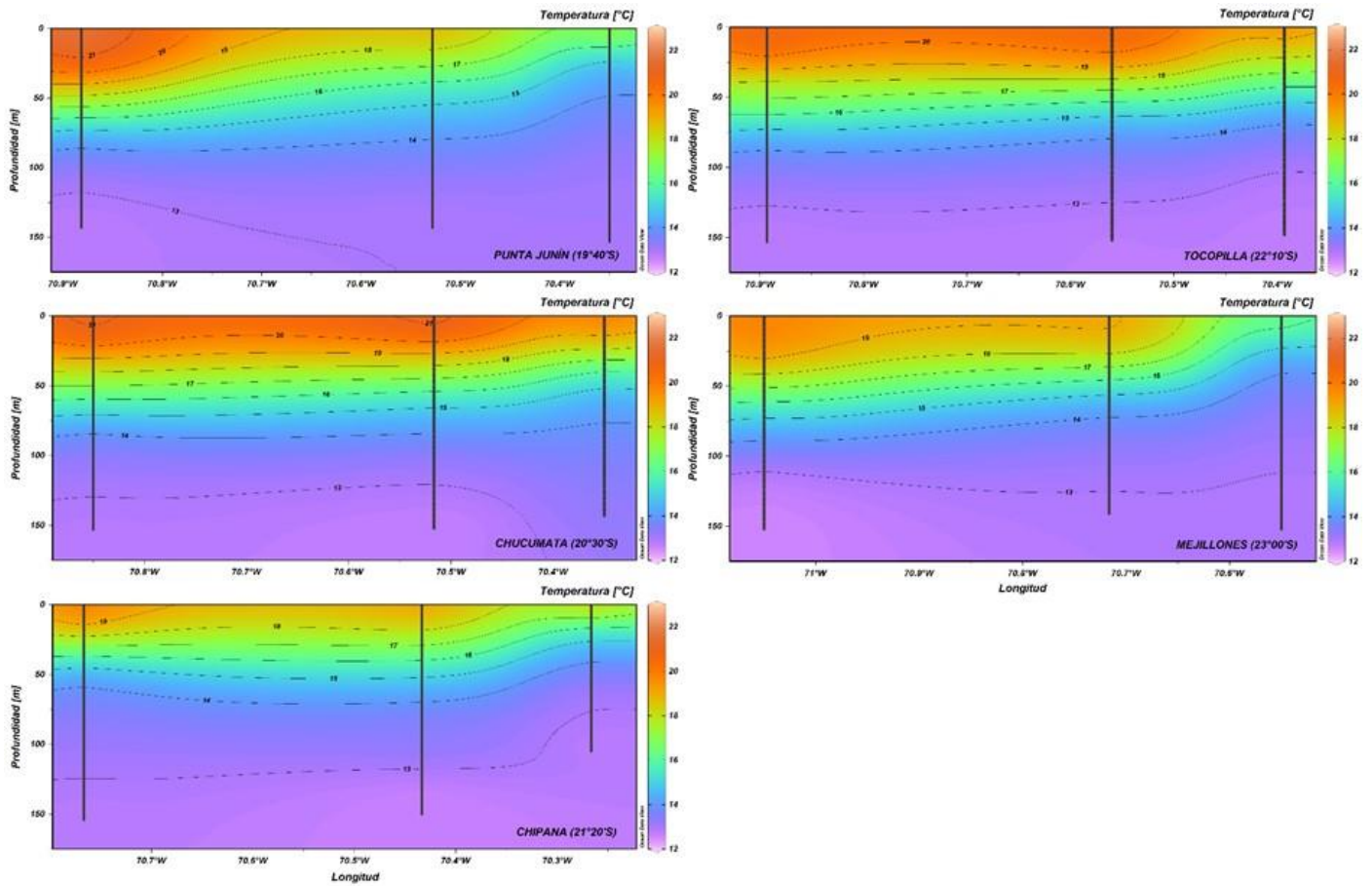


Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

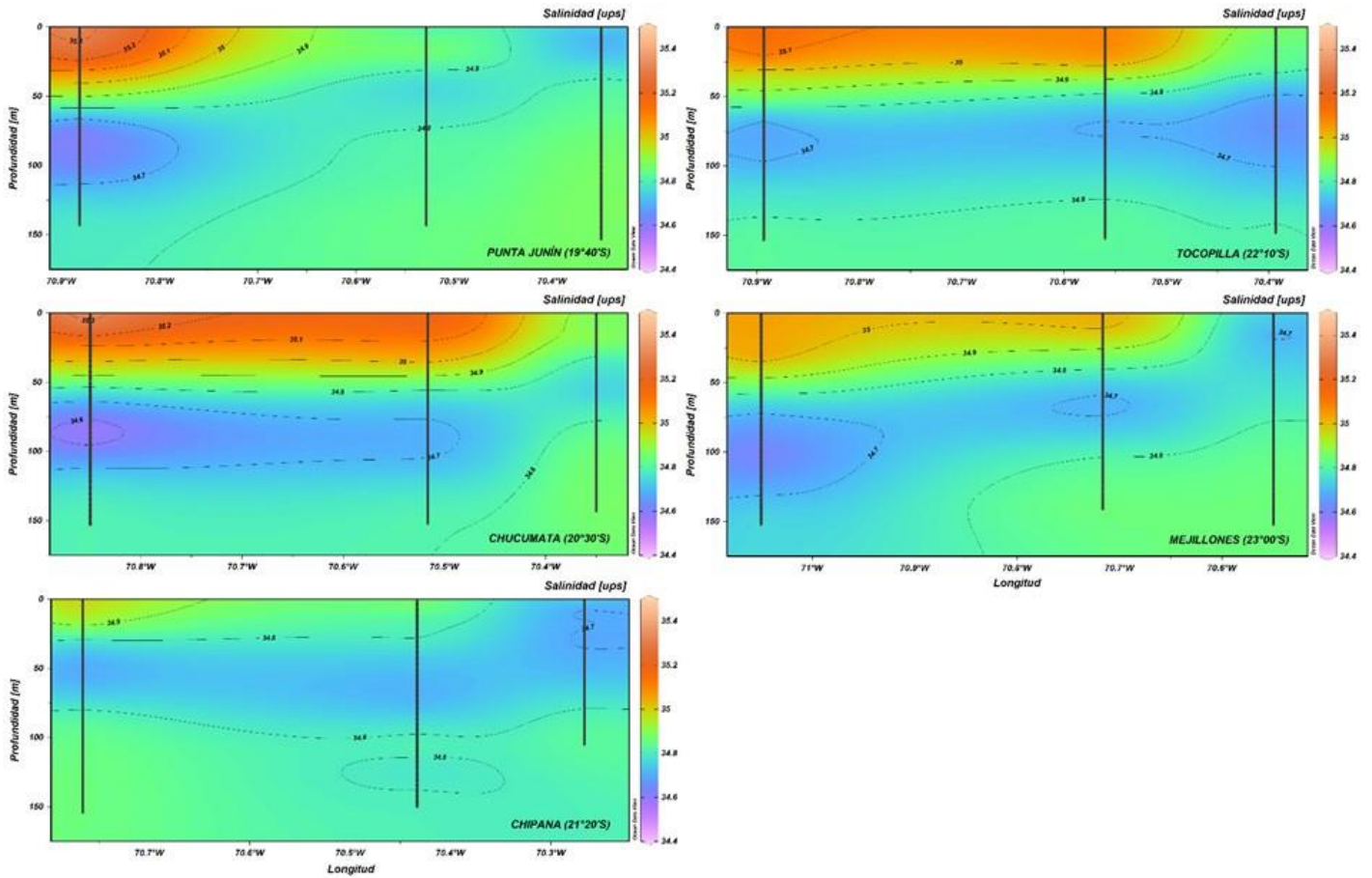


Figura 4. Distribución vertical de la salinidad (ups) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

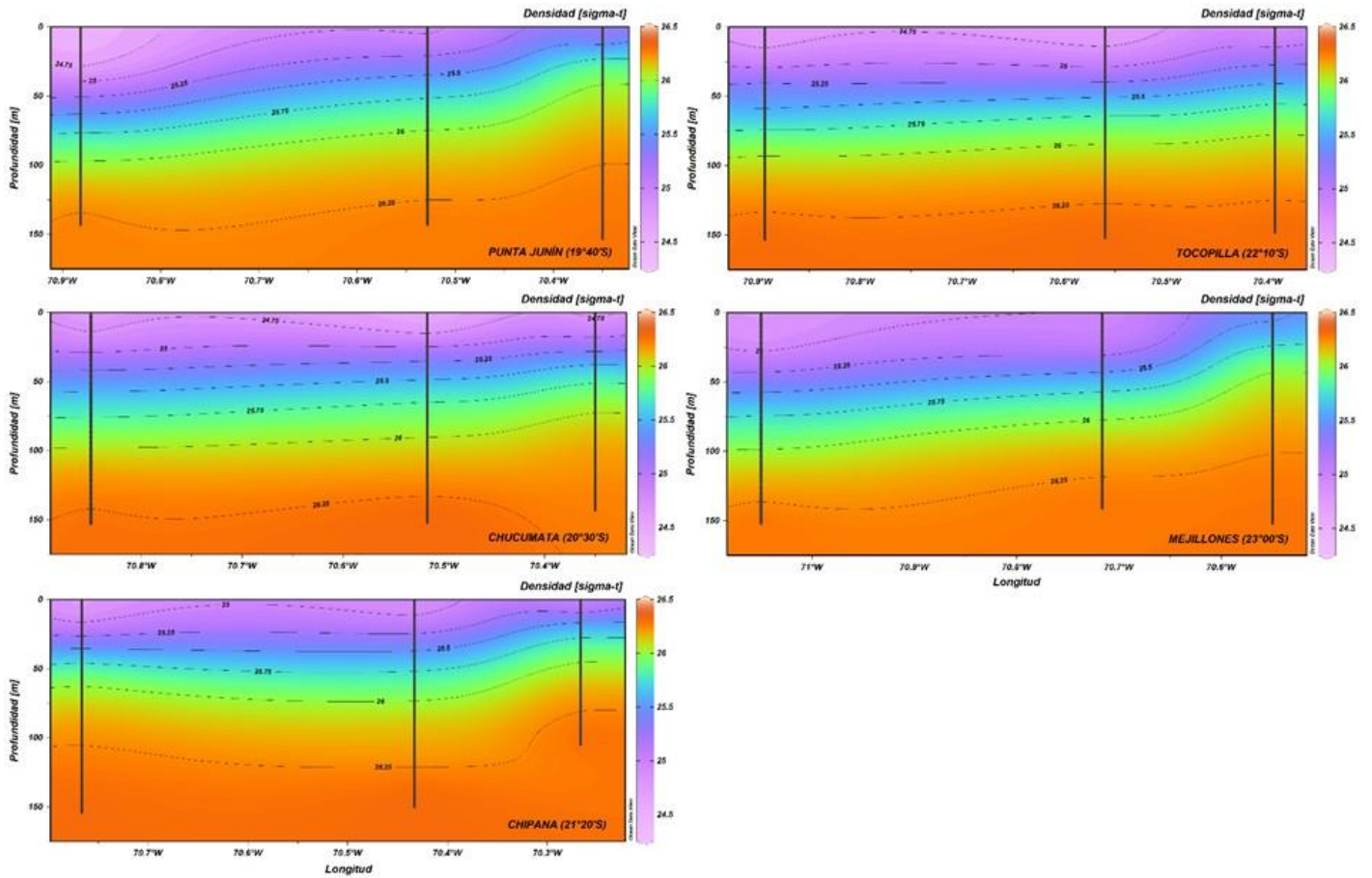


Figura 5. Distribución vertical de la densidad (σ_t) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

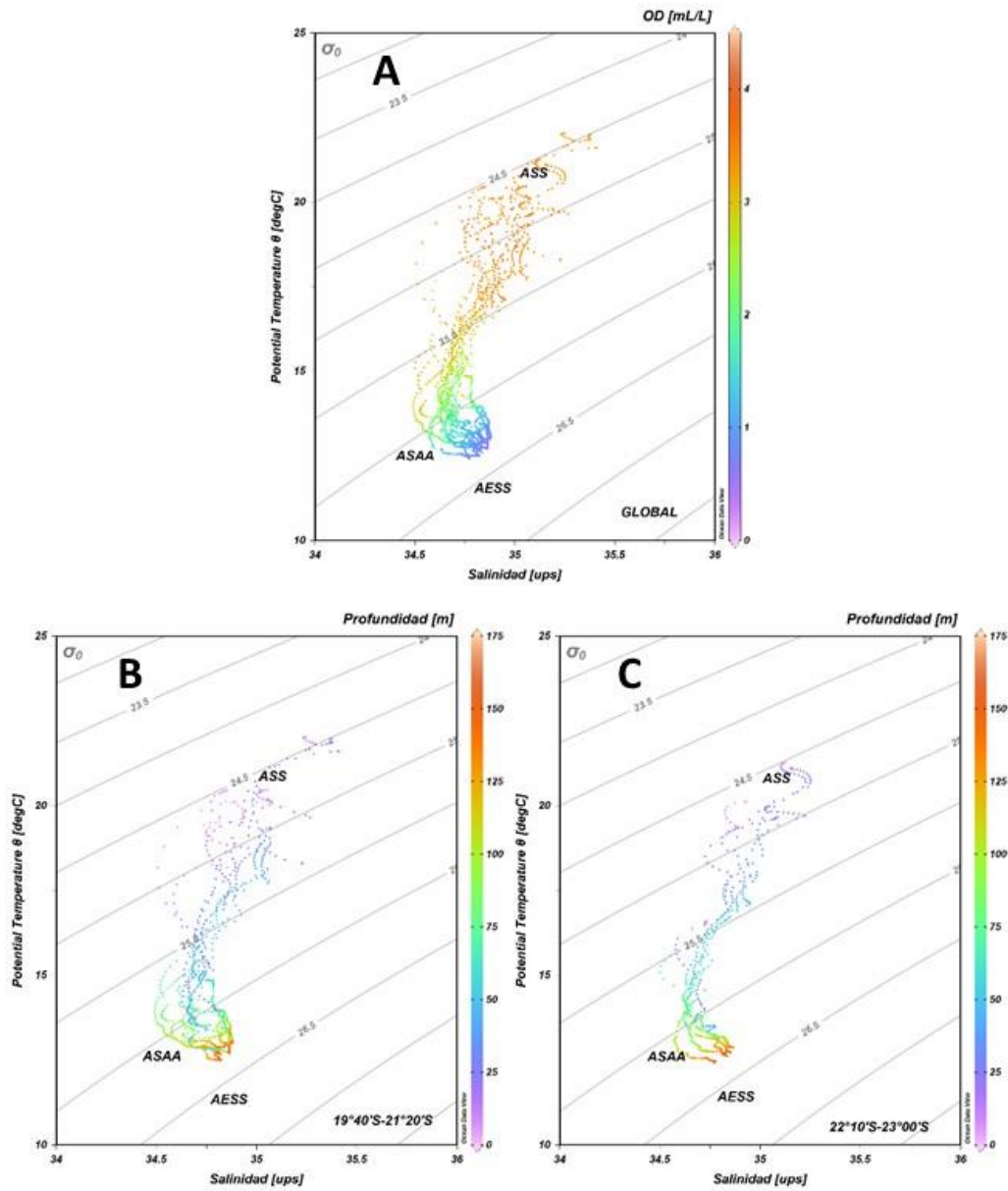


Figura 6. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023. A: global, B: sector entre punta Junín (19°40'S) y Chipana (21°20'S) C: sector entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S).

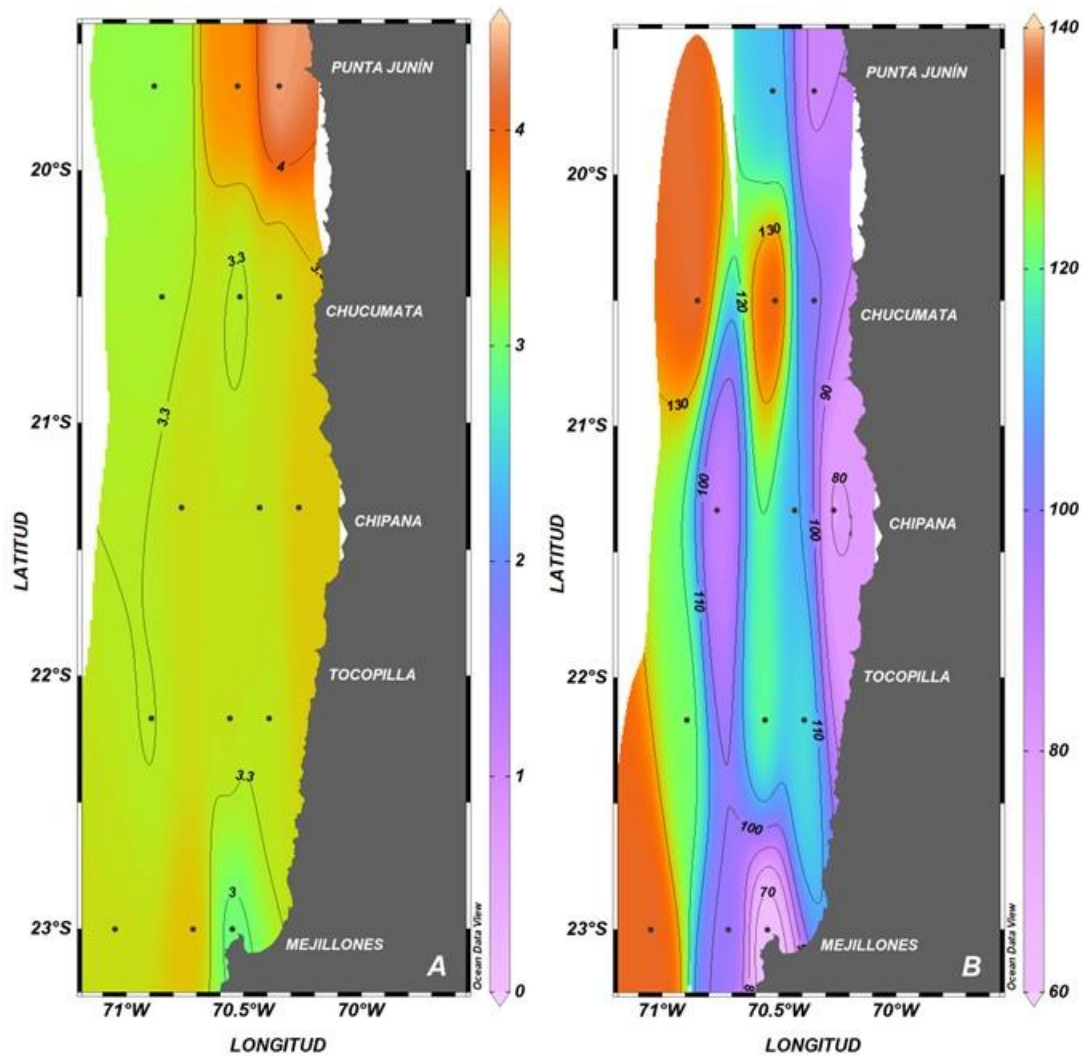


Figura 7. A: distribución superficial del oxígeno disuelto (mL O₂/L) y B: profundidad del LS_ZMO (m) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

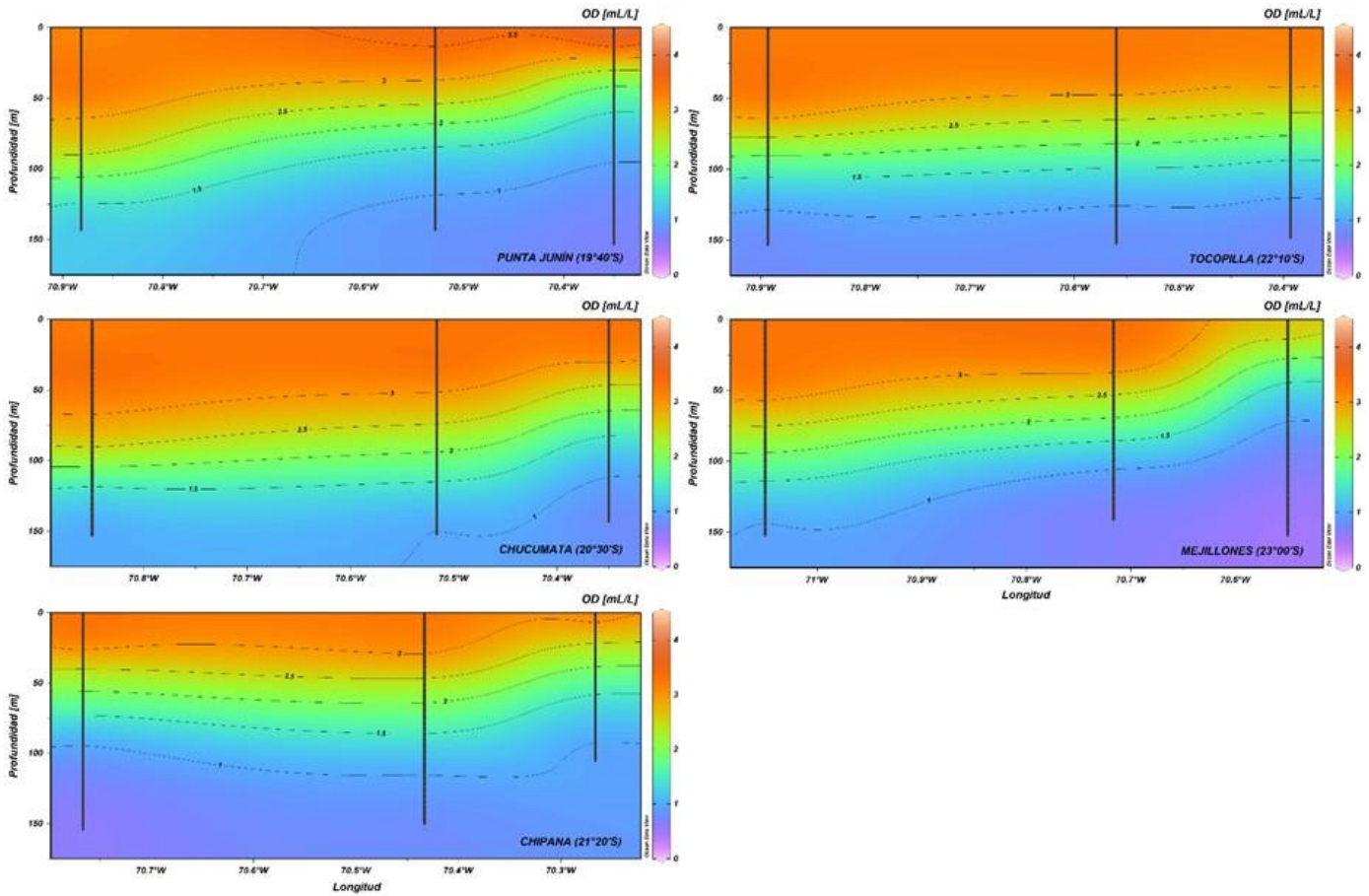


Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL O₂/L) entre los días 4 y 8 de diciembre de 2023.

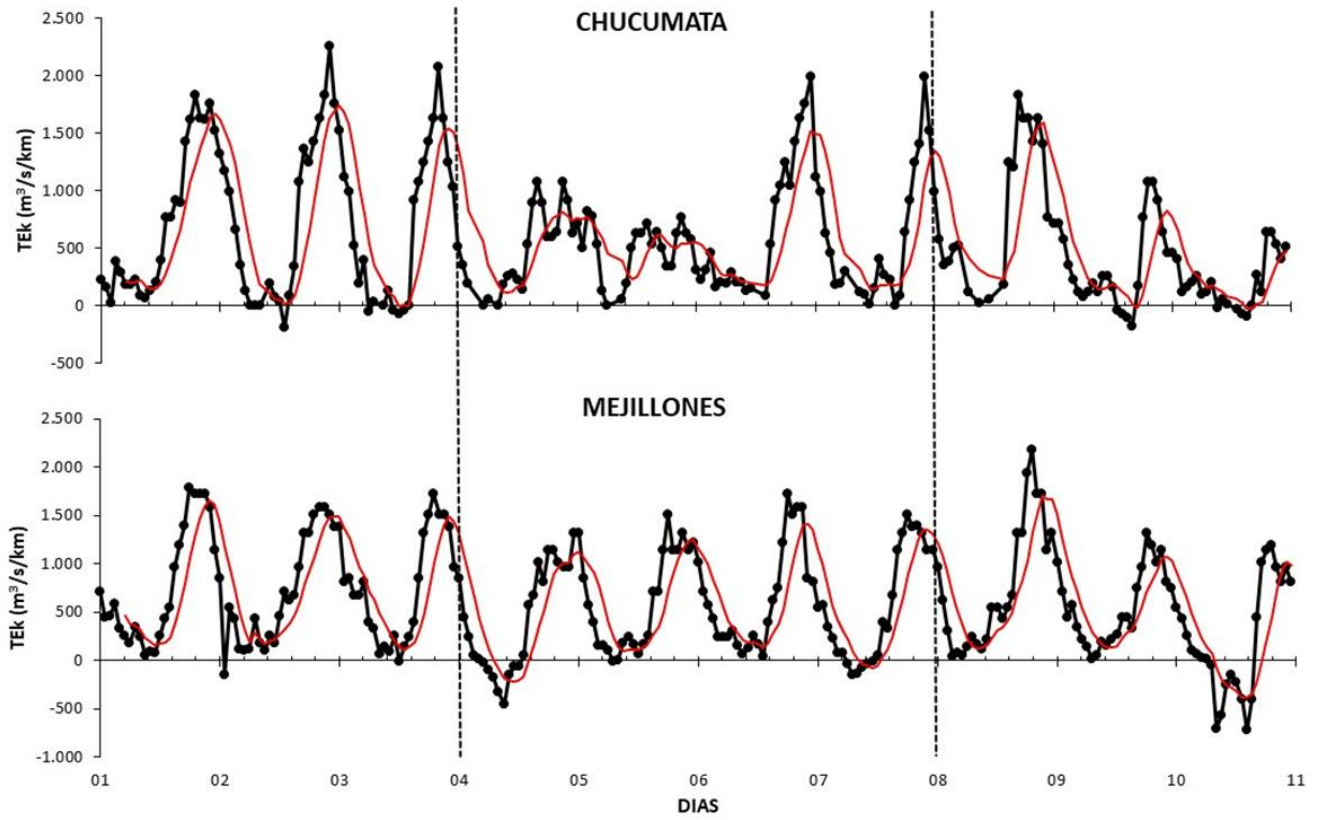


Figura 9. Valores horarios del Transporte de Ekman ($m^3/s/km$), en Chucumata y Mejillones, entre los días 1 y 10 de diciembre de 2023 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

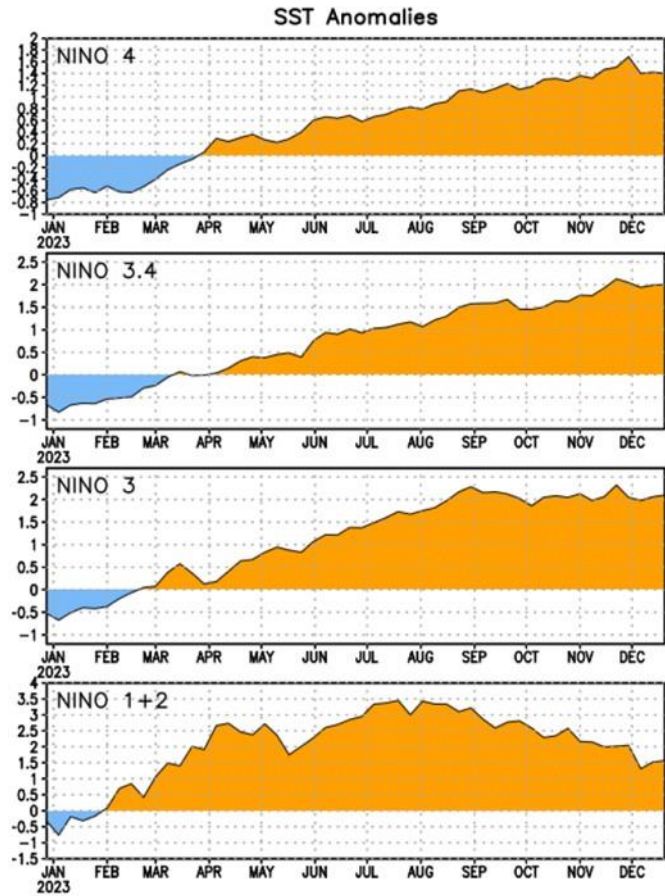


Figura 10. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en las regiones El Niño entre enero y el 26 de diciembre de 2023 (fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov).

LITERATURA CONSULTADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina 12 de diciembre de 2023.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 26 December 2023. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>.