



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

SEPTIEMBRE DE 2021

INTRODUCCIÓN

Se presentan los resultados preliminares de las condiciones de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto registradas durante el crucero de invierno de 2021.

METODOLOGIA

El crucero se llevó a cabo entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021 en la embarcación PAM "Costa Grande 1", 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. Debido a las condiciones del mar, en las transectas de Chucumata (20°30'S) a Tocopilla (22°10'S) se trabajó hasta las 20 mn y en Mejillones (23°00'S) hasta las 10 mn (Figura 1). En cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, utilizando un CTDO SBE-19V2.

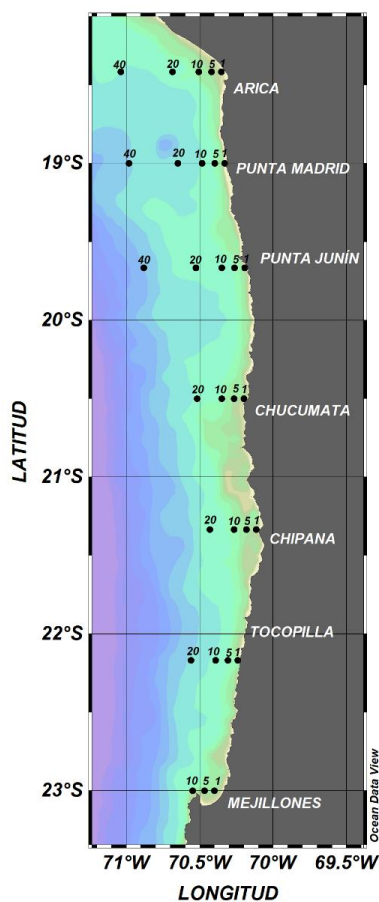


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo durante el crucero de agosto de 2021.

RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 13,1 y 17,0°C. La distribución mostró el predominio de valores inferiores a los 15,5°C en la franja costera entre 1 y 5 mn, registrándose focos cercanos a los 13°C en Tocopilla (22°10'S) y en Mejillones (23°00'S), localidad en la que se extendieron hasta las 10 mn donde se detectó el mínimo de 13,1°C. Hacia las 40 mn, la temperatura se incrementó hasta el máximo de 17,0°C localizado frente a Arica (18°25'S) y a punta Madrid (19°00'S) (Figura 2A).

Las secciones verticales entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) mostraron que las temperaturas mayores a 15,5°C se restringieron a un estrato que se extendió hasta los 20 m de profundidad, mientras que desde Chucumata (20°30'S) al sur, valores menores a 14°C predominaron en toda la columna de agua, condición que se acentuó en Mejillones (23°00'S) donde se mantuvieron cercanos a los 13°C. En todas las localidades se observó la inclinación de las isotermas en la costa (1-5 mn) a causa del afloramiento de agua subsuperficial (Figura 3), el cual quedó evidenciado, además, por la ausencia de la isoterma de 15°C a 1 mn en toda el área y a la somera posición que ocupó a las 5 mn, que alcanzó un mínimo de 3,0 m frente a punta Junín (19°40'S). Hacia la región más oceánica la isoterma de 15°C se profundizó hasta un máximo de 42,8 m registrado a 20 mn frente a Tocopilla (22°10'S) (Figura 2B).

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,80 y 35,12 ups. Los valores superiores a 35 ups se encontraron restringidos a las 20 y 40 mn frente a Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S), observándose el máximo de 35,12 ups a 40mn en punta Madrid (19°00'S). En el resto del área, y entre la costa (1 mn) y las 20 mn, se encontró el predominio de salinidades entre 34,8 y 34,95 ups, registrándose, entre las 5 y 20 mn frente a Chucumata (20°30'S), el mínimo de 34,80 ups (Figura 2C).

En la componente vertical, en Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) se observó la presencia del agua de mayor salinidad (>35 ups) en los primeros 20 m de profundidad, restringida a las 20 y 40 mn de la costa. Hacia el sur, valores inferiores a 34,95 ocuparon toda la columna de agua. Entre punta Junín (19°00'S) y Tocopilla (22°10'S) se registró la típica intrusión, desde el sector más oceánico (40 mn) y entre los 10 y 50 m de profundidad, de un agua de baja salinidad (<34,8) la que en Chipana (21°20'S) y Tocopilla (22°10'S) se distribuyó hasta los estratos más profundos y se acercó hasta las 5 mn de la costa (Figura 4).

La densidad (σ_t) presentó en superficie valores que fluctuaron entre 25,53 y 26,24. Entre Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) a 20 y 40 mn de la costa, coincidentes con las mayores salinidades, las densidades fueron inferiores a 25,7. Hacia la costa aumentaron gradualmente, manteniéndose por sobre los 25,9 a lo largo de la franja de 1 mn. Los valores superiores a 26 se registraron en Tocopilla (22°10'S) y frente a Mejillones (23°00'S), localidad en la que se extendieron hasta las 10 mn, donde se detectó la densidad máxima de 26,24 (Figura 2D).

La distribución vertical entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) mostró un estrato superficial (0-20 m) de bajos valores (<25,8) que desapareció hacia el sur, con la presencia de densidades mayores a 26 ocupando la columna de agua desde los 50 m de profundidad y acercándose a profundidades más someras en la costa (1-5 mn) producto del ascenso de las isopícnas. Desde Chucumata (20°30'S) a Tocopilla (22°10'S) valores superiores a 26 se registraron desde los 20 m de profundidad a lo largo de toda la transecta, y en Mejillones (23°00'S) ocuparon toda la columna de agua entre 1 y 10 mn (Figura 5).

En concordancia con lo anterior, los diagramas T-S confirmaron 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, evidenciada por las mayores temperaturas y salinidades (>16,5°C, >35 ups) y bajas densidades (<25,7), se restringió al sector norte (18°25'S-19°40'S) y a los primeros 20 m de profundidad, no siendo detectada desde Chucumata (20°30'S) al sur. Desde esta localidad, el área exhibió el predominio de la mezcla del ASAA y el AESS, especialmente por el aporte del ASAA que se registró entre Chipana (21°20'S) y Tocopilla (22°10'S). Bajo los 100 m de profundidad predominó la presencia del AESS (Figura 6).

El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 1,1 y 5,9 mL O₂/L. Los valores superiores a 5,0 mL O₂/L se restringieron al sector entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y a las 20 y 40 mn. Hacia la costa y en el resto del área, el oxígeno disuelto exhibió un descenso gradual, registrándose en la franja entre 1 y 5 mn magnitudes inferiores a 4,0 mL O₂/L. En el sector de Mejillones (23°00'S), estas concentraciones menores a 4,0 mL O₂/L se extendieron entre 1 y 10 mn, mostrando una disminución costa afuera que alcanzó el mínimo de 1,1 mL O₂/L a 10 mn, coincidiendo con el foco permanente de surgencia de punta Angamos (Figura 7A).

En la componente vertical, se visualizó el estrato oxigenado (>4,0 mL O₂/L) muy restringido a la superficie entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y al sector de las 20 y 40 mn, mientras que desde los 20 m y hacia los estratos más profundos, las concentraciones descendieron de los 3,0 mL O₂/L. Desde Chucumata (20°30'S) al sur, no se registraron magnitudes mayores a 5,0 mL O₂/L y la columna de agua exhibió valores menores a 0,5 mL O₂/L desde los 50 m. Esta condición se acentuó particularmente en Mejillones (23°00'S), localidad en la cual predominaron concentraciones bajo 1,5 mL O₂/L, evidenciando la presencia del AESS en toda la columna de agua producto de los eventos de surgencia (Figura 8). Coincidente con esta distribución, el límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS_ZMO) se localizó cercano a los 20 m en las primeras 10 mn de la costa, registrándose su posición más somera frente a Mejillones (23°00'S), donde alcanzó los 6,1 y 3,0 m a 5 y 10 mn de la costa respectivamente (Figura 7B).

BREVE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se mantiene en el sistema la condición fría que se registró durante agosto de 2021, la que responde a la estacionalidad imperante y que, además, coincide con los registros realizados en el mismo periodo desde 2018 a 2020. De igual manera se registró una baja influencia del ASS en la región, la cual característicamente ingresa desde el norte y se distribuye por las 20 y 40 mn hacia el sur, sin embargo, esto también es producto de la menor cantidad de registros a esa distancia de la costa desde Chucumata (20°30'S) al sur.

De acuerdo con los valores del transporte Ekman, eventos de surgencia de alta intensidad se registraron en la región los días previos y de realización del crucero, detectándose máximos superiores a los 2.000 m³/s/km en Chucumata y Mejillones. En Arica si bien no alcanzaron estas magnitudes, no descendieron de los 1.000 m³/s/km (Figura 9). La influencia de los procesos de afloramiento se evidenció principalmente en Mejillones (23°00'S), en el sector de punta Angamos, generando una columna de agua por concentraciones de oxígeno disuelto asociadas a la presencia del AESS (<1,0 mL O₂/L). En el resto del área predominó la mezcla con el ASAA, particularmente en Chipana (21°20'S) y Tocopilla (22°10'S) donde exhibió una importante intrusión. Por otra parte, en toda la franja costera (1-5 mn) tanto la isoterma de 15°C como el límite superior de la ZMO, ocuparon profundidades muy someras e incluso no fueron detectadas.

Las condiciones registradas, además de asociarse a la época invernal, revelaron la influencia remota de las anomalías negativas en la TSM que se incrementaron en la región costera de Perú y Chile desde fines de agosto. En la región El Niño 1+2 se observaron valores de -0,2°C, lo que corresponde a un enfriamiento de la región luego de la presencia de anomalías positivas que dominaron entre julio y agosto (Figura 10). De acuerdo con lo informado por CIIFEN (Boletín Septiembre 2021), el pronóstico del ENOS para próximo trimestre, septiembre, octubre y noviembre de 2021, prevé el predominio de condiciones normales, proceso que se mantendría también durante los próximos meses.

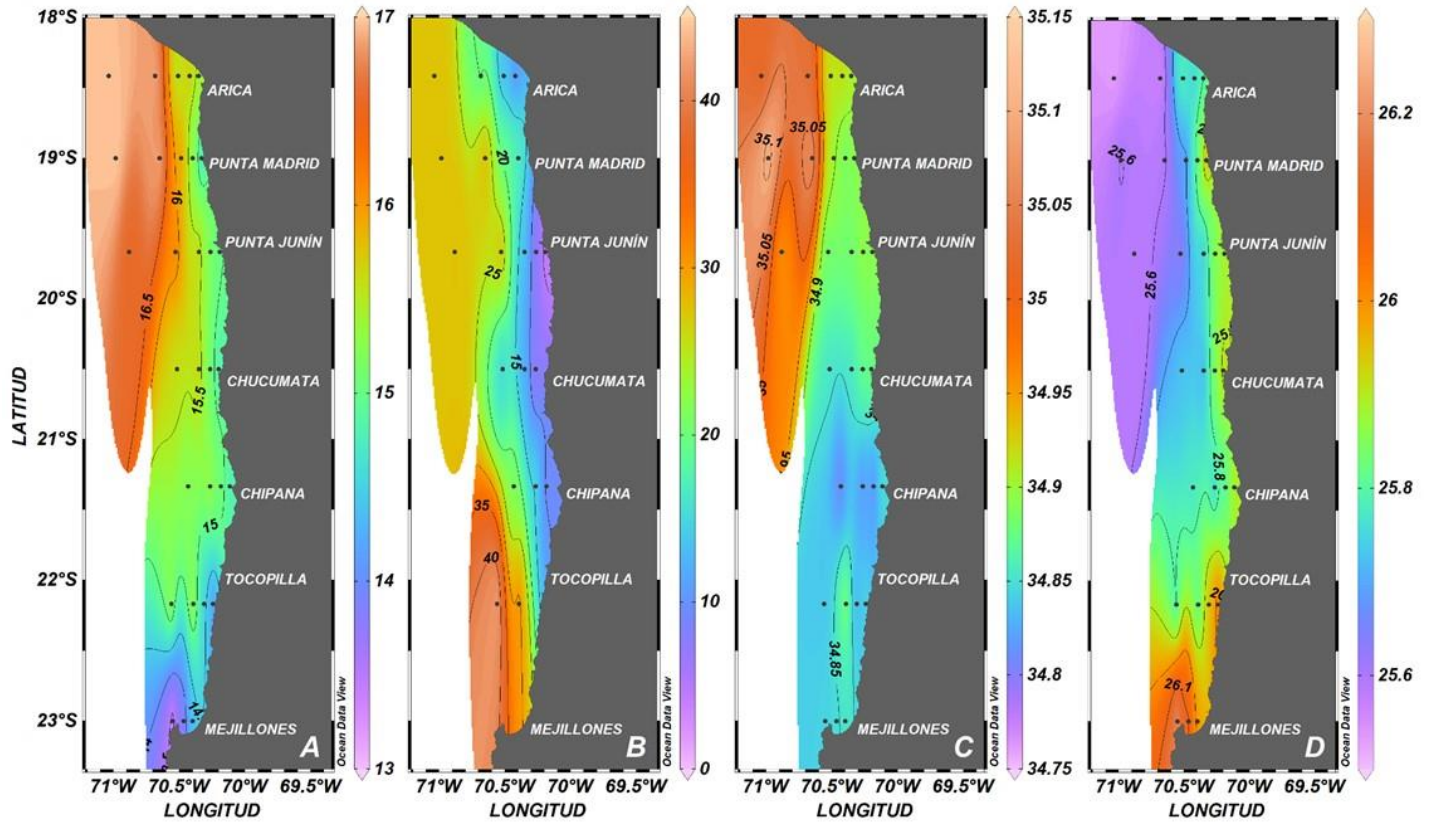


Figura 2. A: distribución superficial de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), B: profundidad de la isoterma de 15°C (m), C: distribución superficial de la salinidad (ups) y D: distribución superficial de la densidad ($\sigma\text{-t}$) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

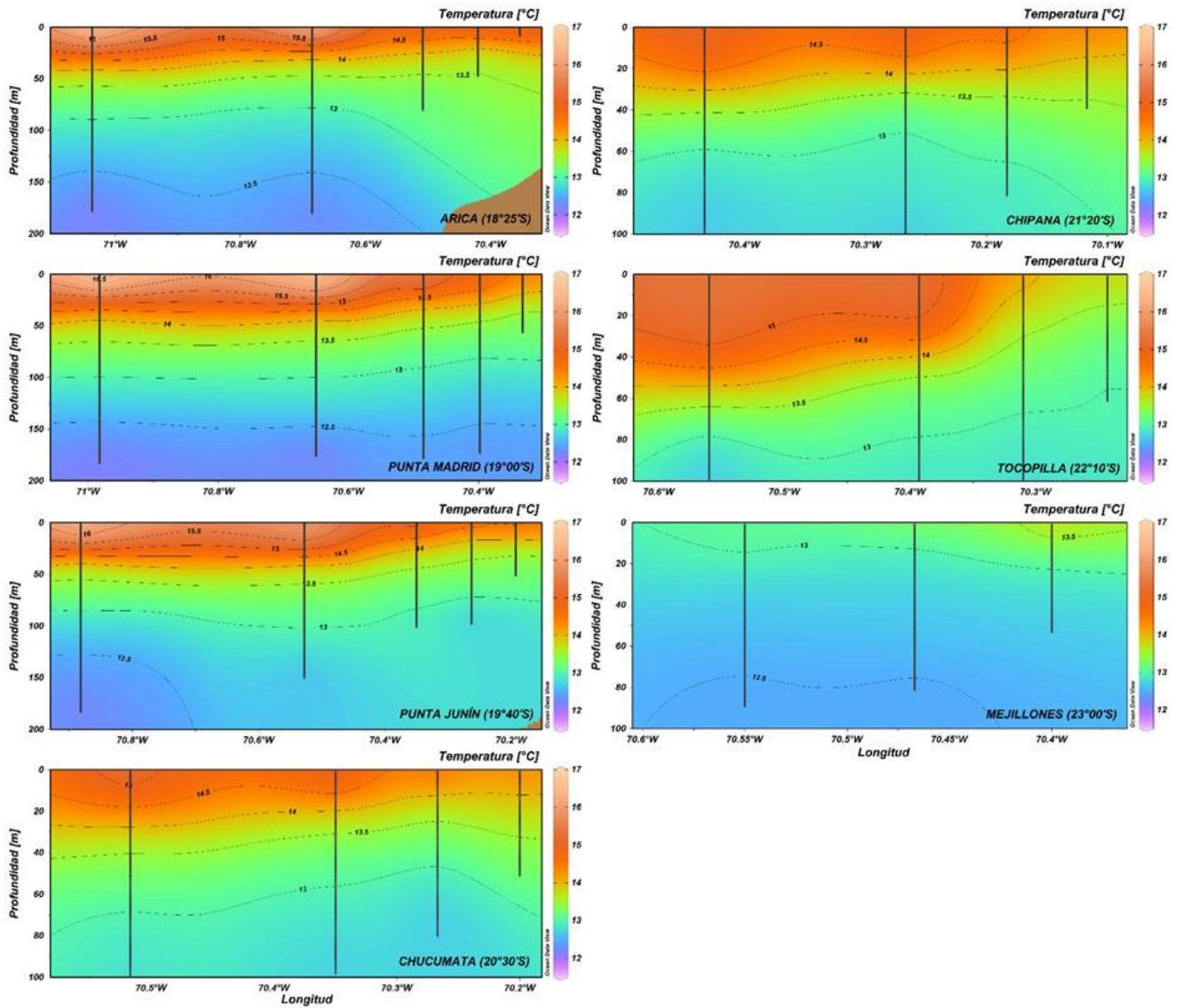


Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

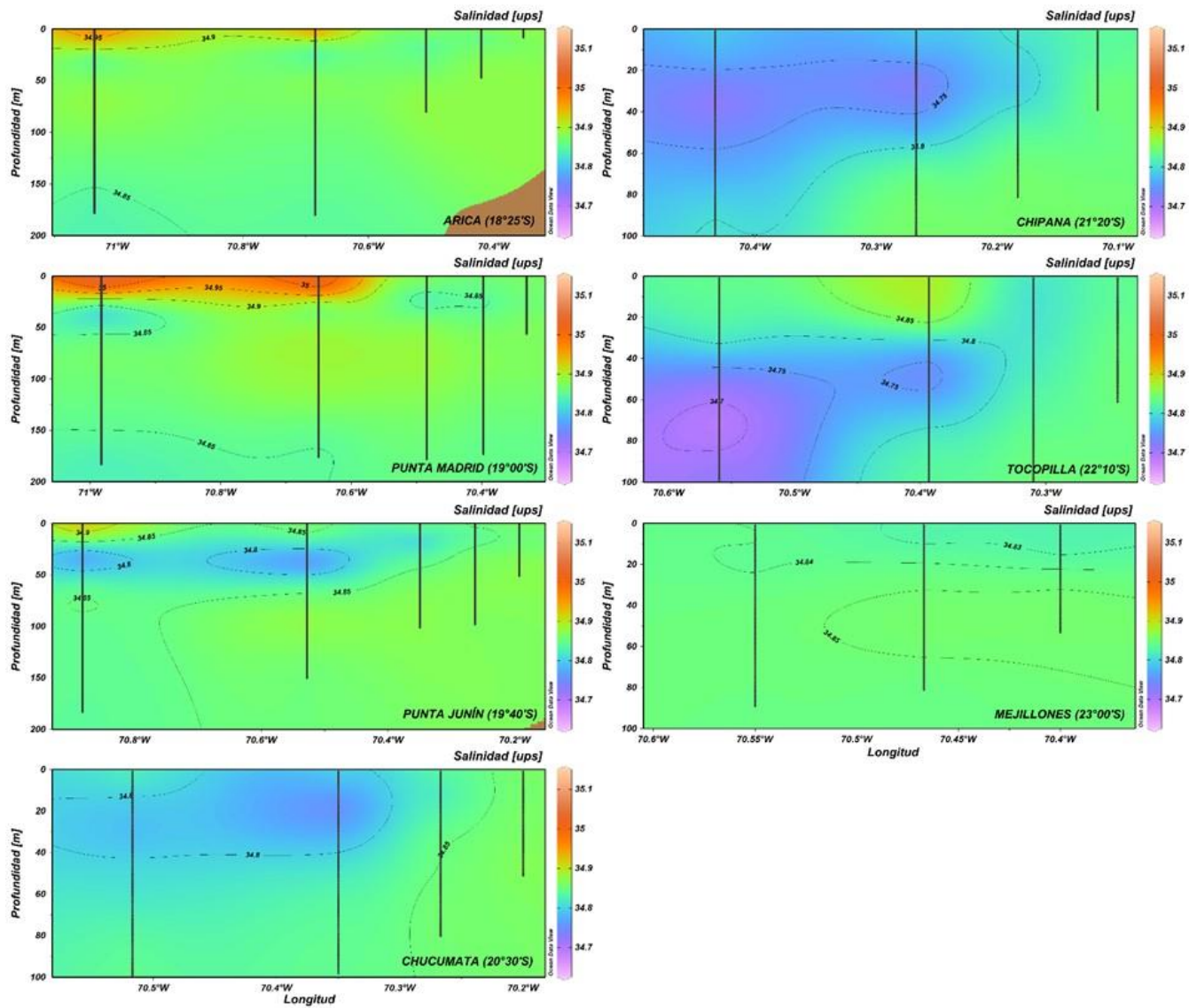


Figura 4. Distribución vertical de la salinidad (ups) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

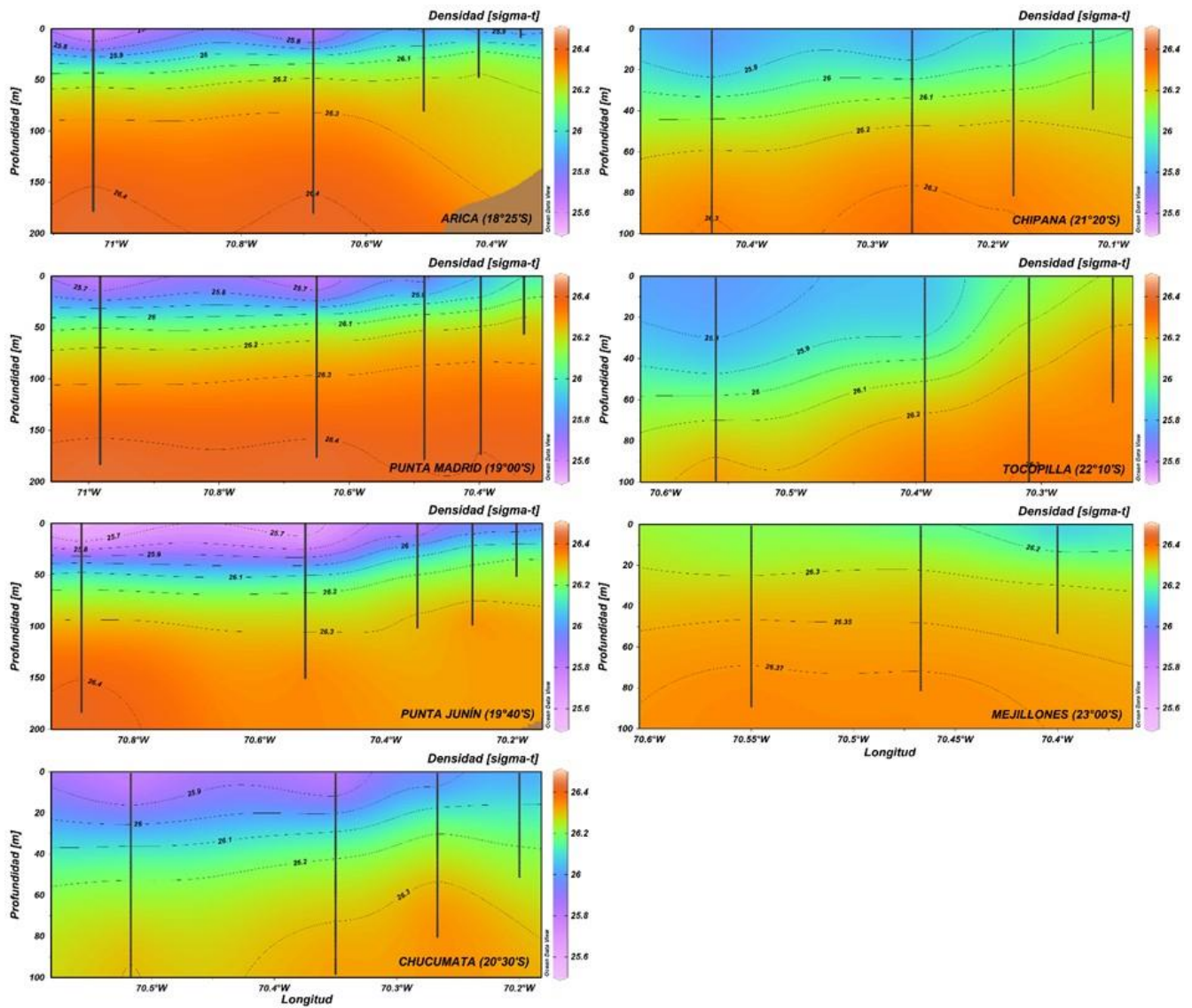


Figura 5. Distribución vertical de la densidad (σ_t) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

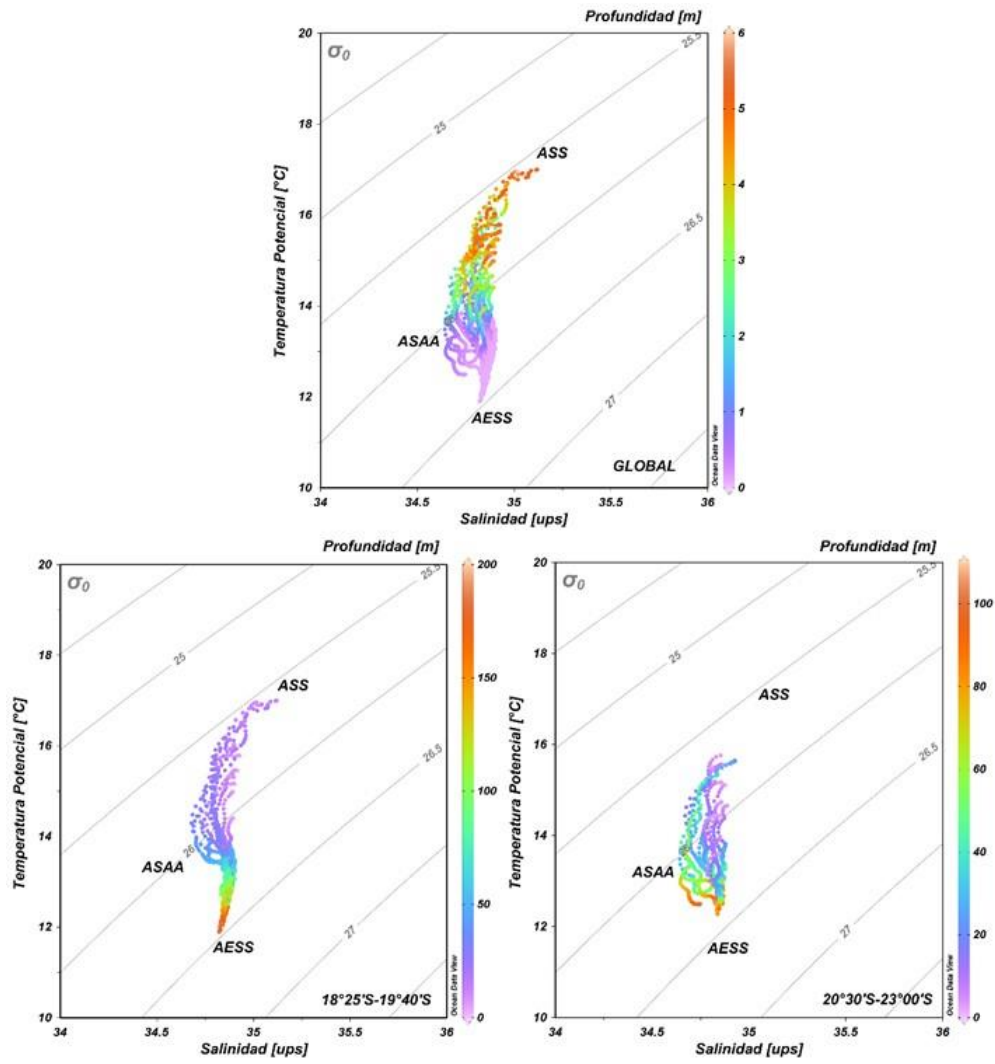


Figura 6. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) global (panel superior) y para los sectores norte: 18°25'S-19°40'S (panel izquierdo) y centro-sur: 20°30'S-23°00'S (panel derecho), entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

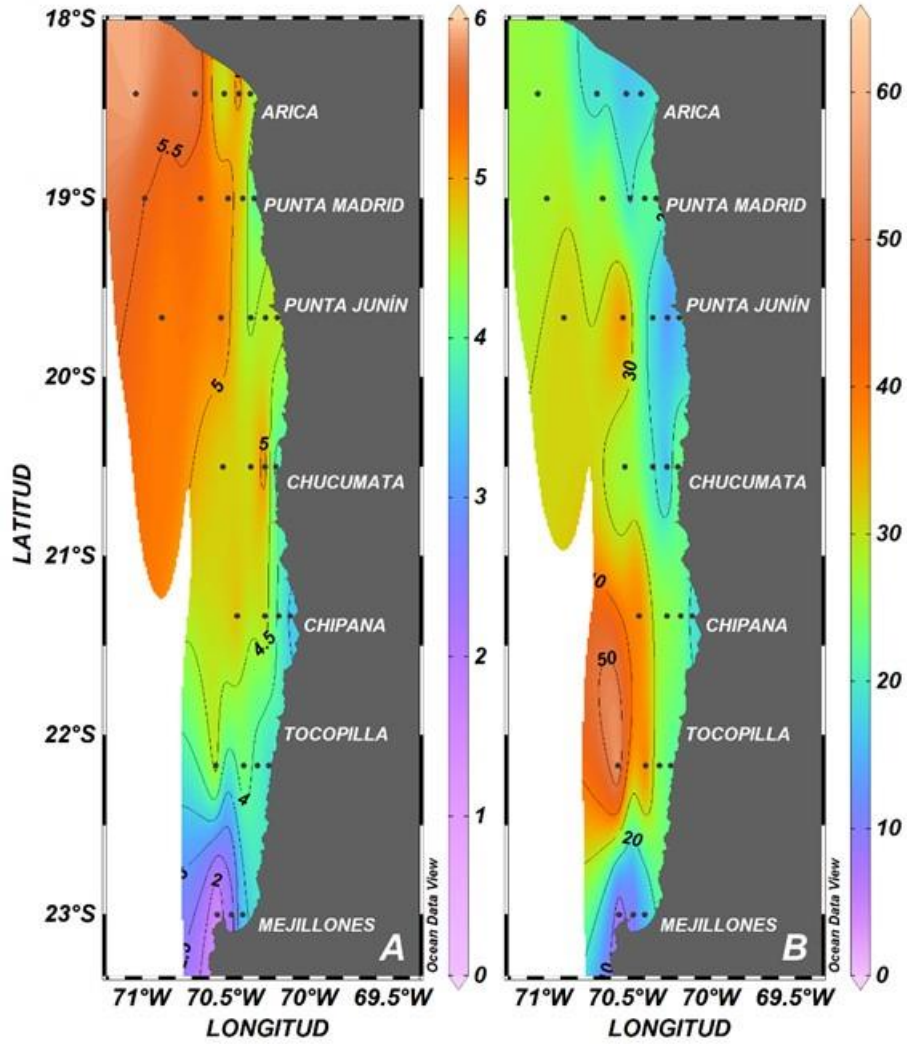


Figura 7. A: distribución superficial del oxígeno disuelto (mL O₂/L) y B: profundidad del LS_ZMO (m) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

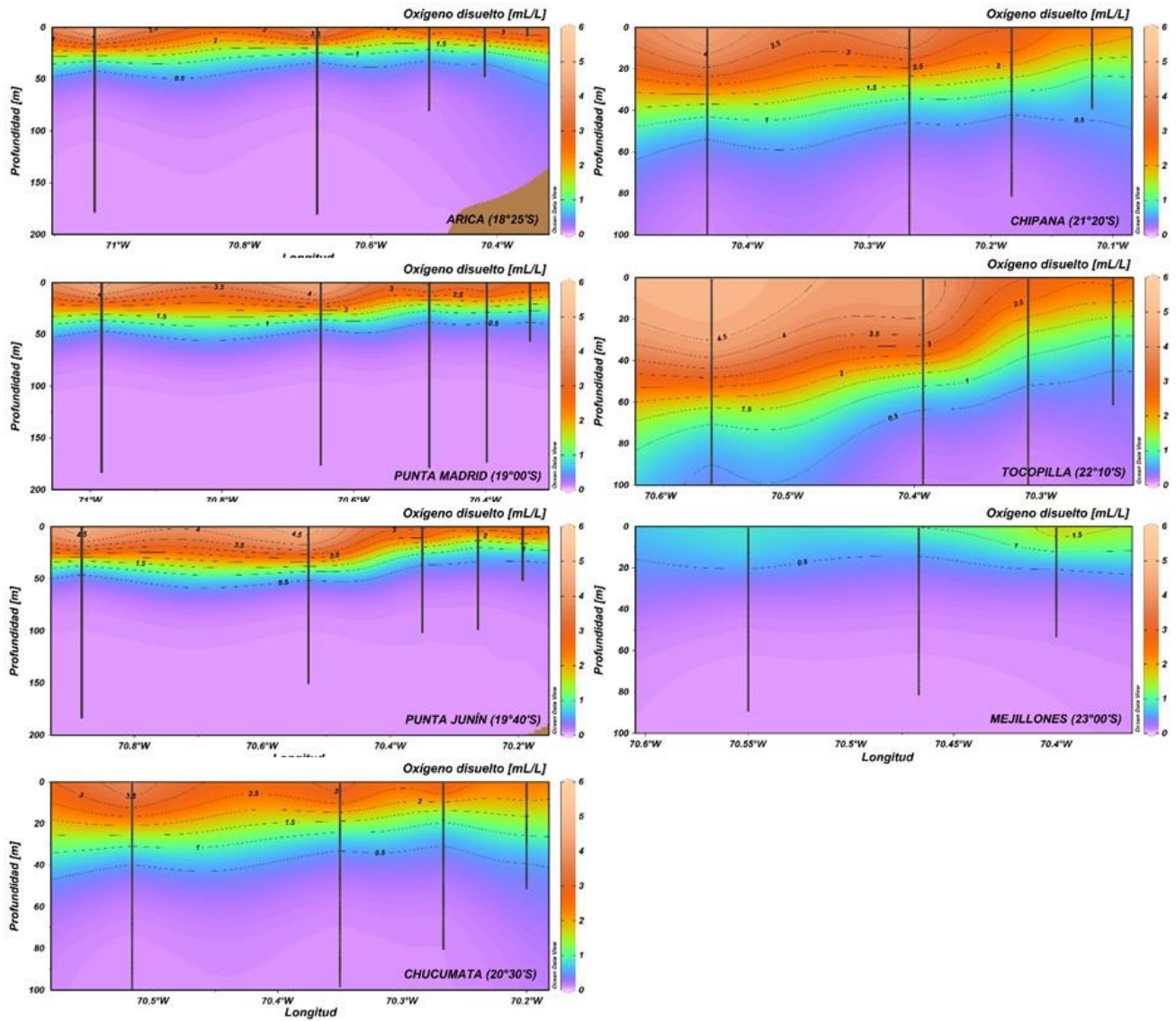


Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL O₂/L) entre los días 06 y 10 de septiembre de 2021.

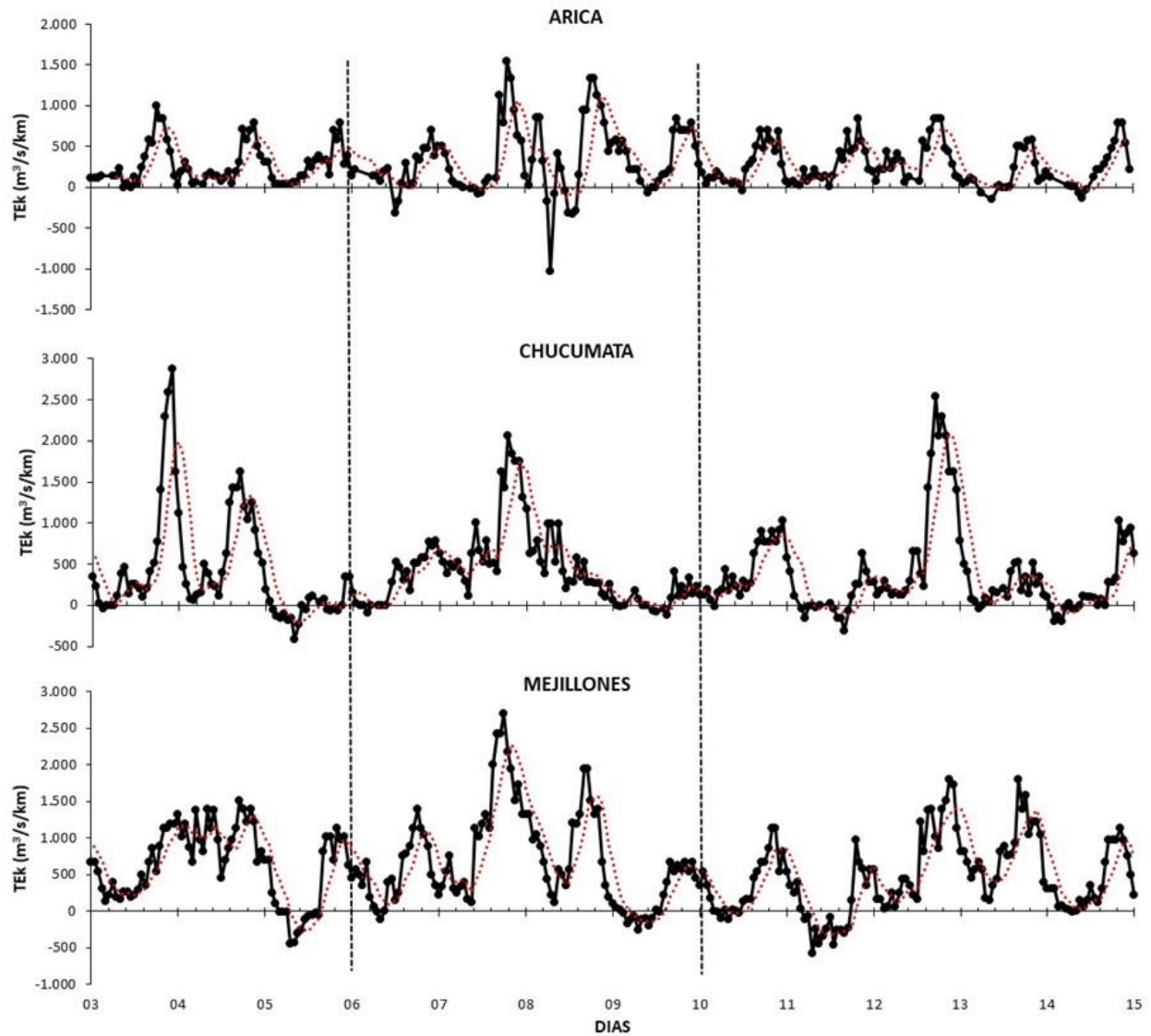


Figura 9. Valores horarios del Transporte de Ekman ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}$) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 03 y 14 de septiembre de 2021 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

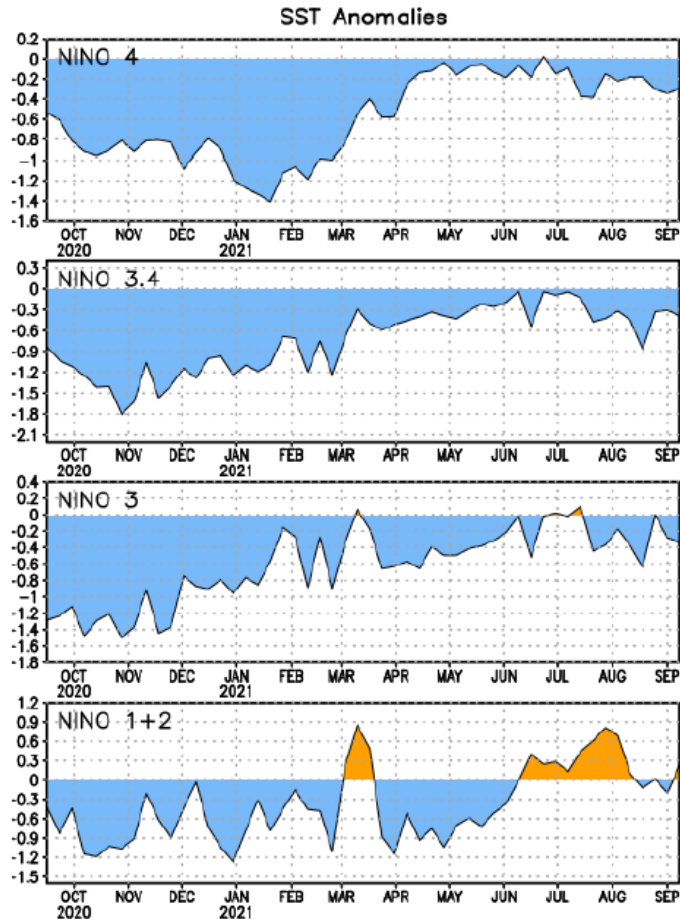


Figura 10. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en las regiones El Niño entre octubre de 2020 y el 13 de septiembre de 2021 (fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov).

LITERATURA CONSULTADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina Septiembre 2021.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 13 September 2021.