



**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 PRIMAVERA**

**DICIEMBRE DE 2020**

## INTRODUCCIÓN

Se presentan los resultados preliminares de las condiciones de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto registradas durante el crucero de primavera de 2020.

## METODOLOGIA

El crucero se llevó a cabo entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020 en la embarcación PAM "Angamos 3", proporcionada por la empresa pesquera CORPESCA 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 a 1, 5, 10, 20 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.

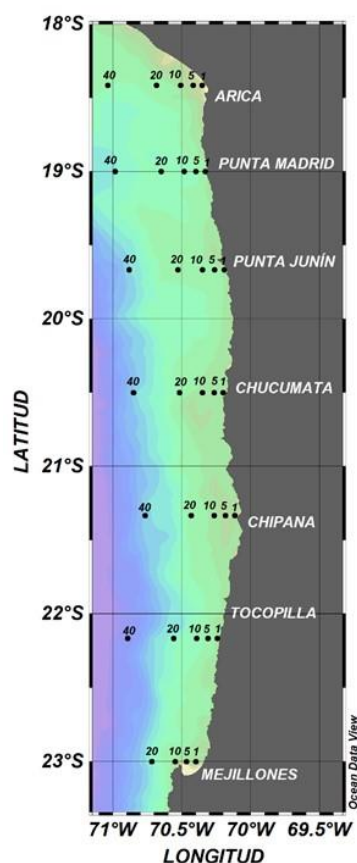


Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo durante el crucero de primavera de 2020.

## RESULTADOS

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 16,1 y 21,3°C. La distribución mostró toda la franja costera (1-5 mn), entre Arica (18°25'S) y Tocopilla (22°10'S), influenciada por aguas con temperaturas inferiores a 18°C, con focos de mínima cercanos a 16°C localizados a 1 mn frente a punta Madrid (19°00'S), Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S). Entre las 10 y las 40 mn predominaron valores superiores a 19°C, en toda la región, con el máximo de 21,3°C ubicado a 20 mn frente a punta Madrid (19°00'S). En el sector de Mejillones (23°00'S) estas aguas más cálidas (>18°C) se acercaron a la costa, detectándose un foco de 17,7°C a 20 mn producto del foco de afloramiento en punta Angamos (Figura 2A).

En la componente vertical, en todas las secciones se observó la inclinación de las isotermas en la costa (1-5 mn) asociada al afloramiento de agua subsuperficial. Esto fue más evidente en punta Madrid (19°00'S), Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S) donde se registraron focos de mínima (16°C) en superficie. Hacia las 40 mn las isotermas se profundizaron, registrándose bajo los 50 m valores de temperatura inferiores a 15°C (Figura 3). Lo anterior, quedó evidenciado al observar la distribución de la profundidad de la isoterma de 15°C, la que se localizó a menos de 10 m de profundidad a 1 mn, alcanzando su posición más somera (6,9 m) en punta Madrid (19°00'S). Hacia las 40 mn, si bien se registró a mayores profundidades, éstas alcanzaron un máximo de 55,6 m a 20 mn en Tocopilla (22°10'S), manteniéndose en general alrededor de los 20 y 30 m. En Mejillones (23°00'S) a 20 mn, coincidente con el foco frío (17,7°C), la isoterma de 15°C se detectó a 13,6 m revelando la influencia de la surgencia (Figura 2B).

La salinidad en superficie fluctuó entre 33,81 y 35,21 ups. Asociados a las menores temperaturas (<18°C), valores inferiores a 34,9 ups ocuparon toda la franja entre 1 y 10 mn, con el mínimo de 33,81 ups localizado frente a Tocopilla (22°10'S) en la forma de un foco restringido a 1 mn. Entre las 20 y 40 mn toda la zona se encontró influenciada por salinidades superiores a 35 ups, registrándose el máximo (35,21 ups) a 40 mn en Tocopilla (22°10'S). Frente a Chucumata (20°30'S), a 20 mn de la costa, se detectó un valor de 34,80 ups el que fue coincidente con una elevación de la isoterma de 15°C (Figura 2C).

Las secciones verticales, evidenciaron la presencia del agua cálida (>19°C) y salina (>35 ups) restringida al estrato superficial (0-20 m) y al sector entre 20 y 40 mn desde Arica (18°25'S) a punta Junín (19°40'S) y en Tocopilla (22°10'S), mientras que los estratos más profundos exhibieron salinidades cercanas e inferiores a 34,9 ups. Esta predominancia de valores menores a 34,9 ups en toda la columna de agua prevaleció desde Chucumata (20°30'S) al sur, observándose, además, el ingreso desde el sector oceánico de un agua con valores menores a 34,7 ups que penetró hacia la costa alcanzando la superficie. En Mejillones (23°00'S) a 1 mn y a los 40 m de profundidad, se detectó el mínimo de salinidad que alcanzó los 33,17 ups (Figura 4).

La densidad ( $\sigma_t$ ) en superficie presentó valores extremos de 24,54 y 25,52. La distribución, coincidente con las variables anteriormente descritas, mostró en la franja entre 1 y 5 mn de la costa, valores superiores a 25 entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S), mientras que en Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) se mantuvieron cercanos a 24,8. Desde las 10 mn y hacia la zona más oceánica, predominaron densidades inferiores a 24,9 asociadas a las aguas de mayor temperatura y salinidad (>19°C, >35 ups), excepto frente a Mejillones (23°00'S), a 20 mn, donde se registró el foco de ascenso de agua subsuperficial (Figura 2D).

La distribución vertical mostró, entre 1 y 5 mn, densidades menores a 26 restringidas a los primeros 20 m de profundidad producto de la surgencia evidenciada por la inclinación de las isopícnas. Hacia las 40 mn esta capa se profundizó hasta cerca de los 50 m. Bajo este estrato, predominaron valores mayores a 26, registrándose máximos superiores a 26,4 desde los 100 m. En Mejillones (23°00'S), por el contrario, toda la columna de agua entre 1 y 5 mn exhibió bajas densidades (<26), detectándose un mínimo de 24,33 cerca de los 10 m, mientras que hacia las 20 mn, donde se registró el ascenso de aguas subsuperficiales, densidades sobre 26 se detectaron desde los 30 m de profundidad (Figura 5).

Los diagramas T-S confirmaron las condiciones descritas asociadas a las tres masas de agua en la región: el Agua Subtropical Superficial (ASS), el Agua Subantártica (ASAA) y el Agua Ecuatorial Subssuperficial (AESS). El ASS, evidenciada por las mayores temperaturas y salinidades (>19°C, >35 ups), además de bajas densidades (<25), se registró entre 20 y 40 mn principalmente entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S). Desde Chucumata (20°30'S) al sur, predominó la mezcla del ASAA con el AESS, especialmente entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), donde se detectó una importante participación del ASAA entre la superficie y los 75 m de profundidad (Figura 6).

El oxígeno disuelto en superficie presentó valores extremos de 3,7 y 6,1 mL O<sub>2</sub>/L. La distribución mostró el predominio de valores superiores a 5,0 mL O<sub>2</sub>/L en toda la zona entre la costa (1 mn) y las 40 mn. Sólo frente a Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S), coincidentes con las menores temperaturas (16°C), las magnitudes descendieron de los 4,0 mL O<sub>2</sub>/L, registrándose mínimos de 3,9 y 3,7 mL O<sub>2</sub>/L respectivamente, ambos localizados a 1 mn. El máximo de 6,1 mL O<sub>2</sub>/L se detectó frente a punta Junín (19°40'S) a 10 mn de la costa (Figura 7A).

En la componente vertical, las secciones mostraron un estrato oxigenado (>4,0 mL O<sub>2</sub>/L) que se extendió entre la costa y las 40 mn y ocupó los primeros 20 m de profundidad. Esta capa exhibió una profundización costa afuera asociada al ascenso de las oxilíneas en la costa (1 mn), lo que condujo a la superficie aguas de bajo contenido de oxígeno (<4,0 mL O<sub>2</sub>/L) en Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S). Desde los 50 m y hacia los estratos más profundos, la columna de agua se encontró dominada por valores inferiores a 1,0 mL O<sub>2</sub>/L (Figura 8). Coincidente con esta distribución, en la zona costera (1-5 mn) el límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS\_ZMO) se localizó por sobre los 30 m de profundidad entre Arica (18°25'S) y Tocopilla (22°10'S), exhibiendo su posición más somera

(9,4 m) frente a Arica (18°25'0'S) a 1 mn. Hacia las 40 mn se profundizó, alcanzando un máximo de 78,5 m en el sector de Tocopilla (22°10'S) a 20 mn de la costa (Figura 7B).

## COMENTARIOS

El sistema, en general, presentó una condición similar a la observada durante primaveras anteriores, registrándose valores de TSM dentro de los mismos rangos, particularmente en comparación a 2019. Si bien el ASS mostró una importante influencia en la región más oceánica, la participación del ASAA generó un descenso en las salinidades, lo que se detectó principalmente en el sector de Mejillones (23°00'S). En la costa (1-5 mn), además de la temperatura y la salinidad, la somera posición de la isoterma de 15°C y del límite superior de la ZMO, evidenciaron la ocurrencia de afloramiento, el cual habría exhibido mayor intensidad en Chucumata (20°30'S) y Tocopilla (22°10'S). Al respecto, se registraron valores de Transporte de Ekman asociados a eventos de alta intensidad, superando los 1.500 m<sup>3</sup>/s/km, en todas las localidades, y si bien en Chucumata descendieron durante los días de realización del muestreo, esto se mantuvieron alrededor de los 1.000 m<sup>3</sup>/s/km (Figura 9).

En el ámbito regional, CIIFEN informa que entre fines de noviembre y la primera semana de diciembre se registró un debilitamiento de las anomalías negativas que han persistido desde agosto de 2020 en el Pacífico central y costas de Sudamérica. A inicios de diciembre todas las regiones El Niño, exceptuando la Niño 4, presentaron valores menores que los registrados a fines de octubre, siendo la región El Niño 1+2 la menos fría (Figura 10).

Las predicciones de TSM, sugieren valores bajo lo normal a lo largo del Pacífico ecuatorial y costa de Sudamérica para el trimestre diciembre 2020-febrero 2021.

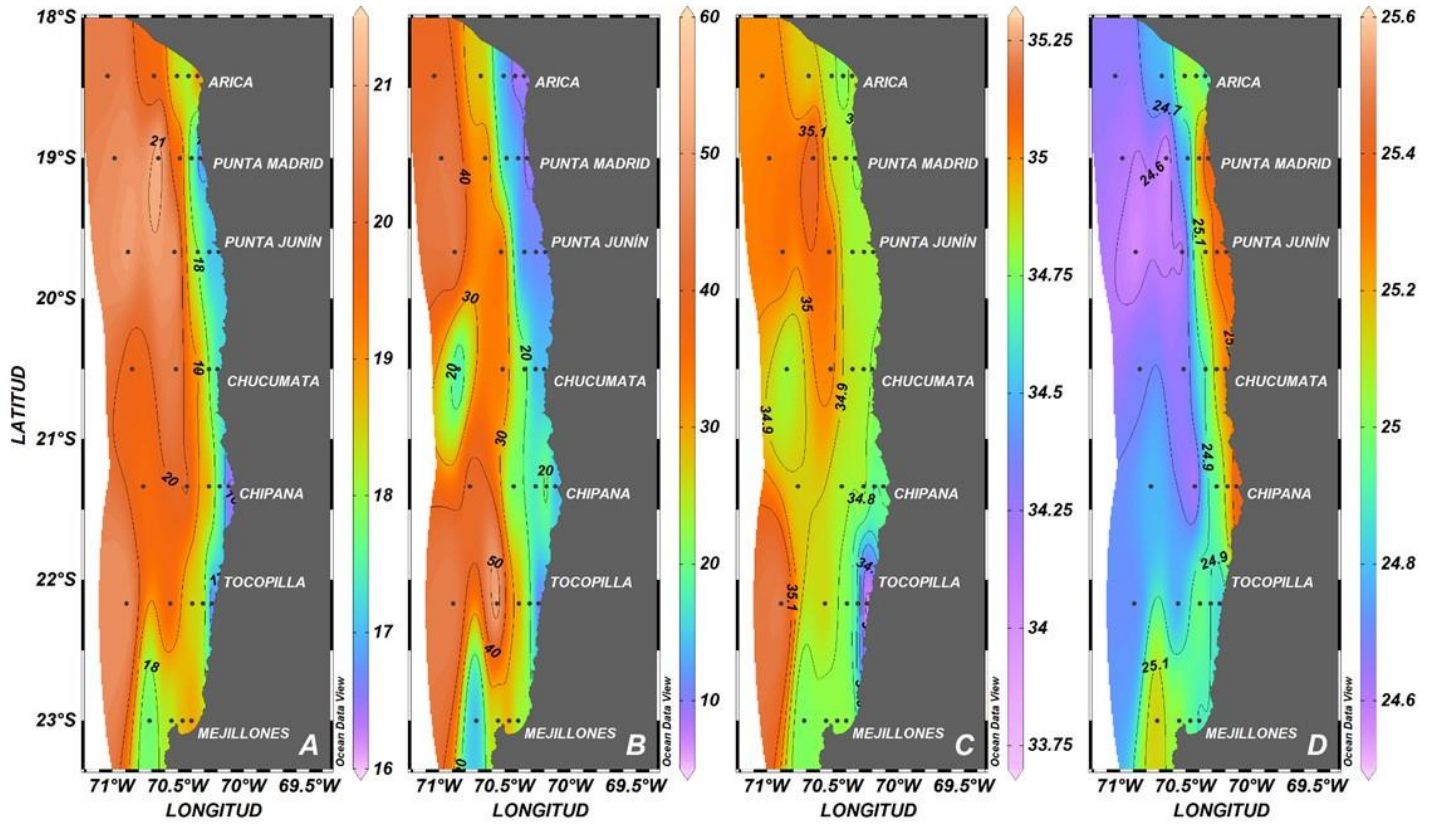


Figura 2. A: distribución superficial de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), B: profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (m), C: distribución superficial de la salinidad (ups) y D: distribución superficial de la densidad ( $\sigma\text{-t}$ ) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

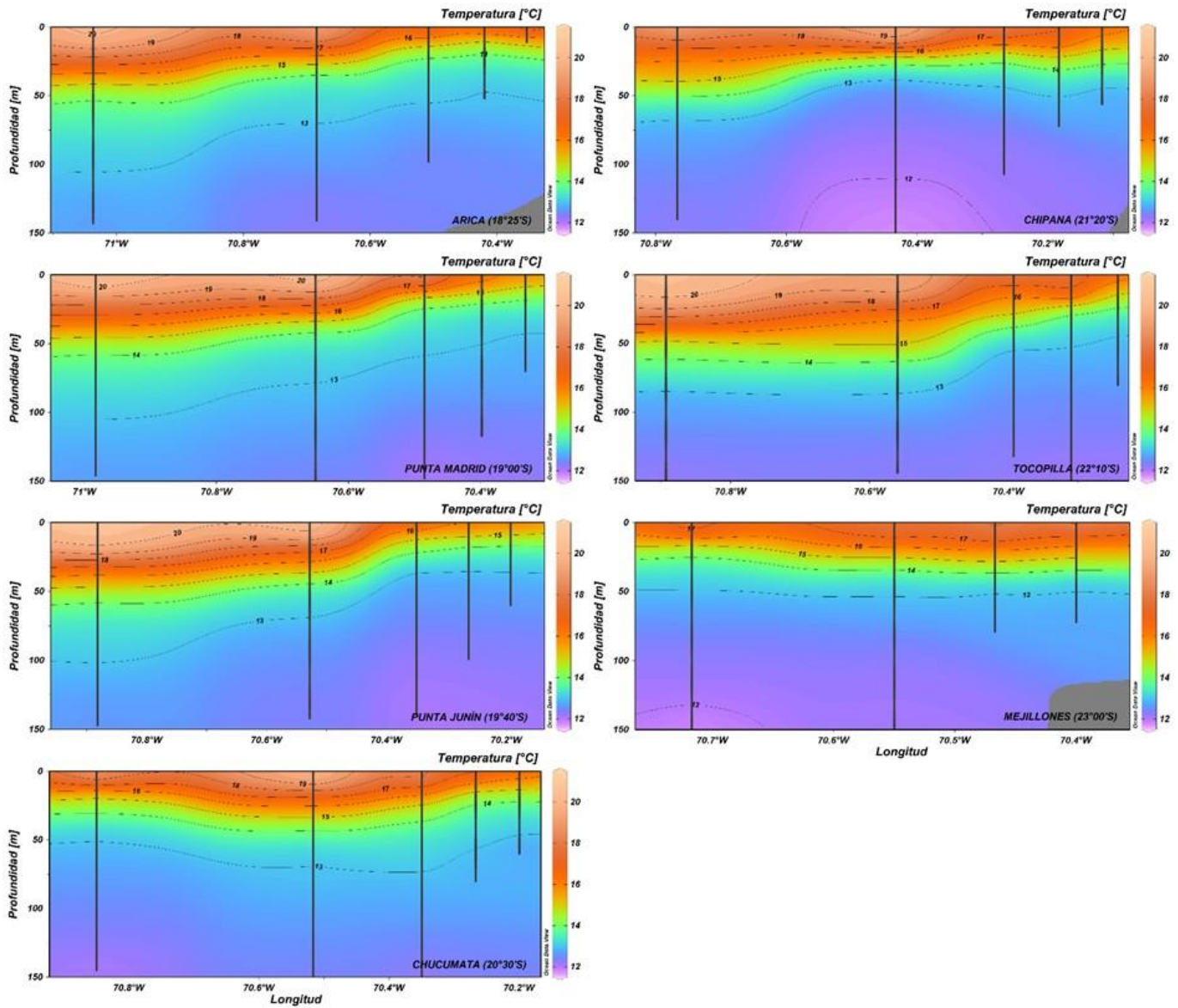


Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

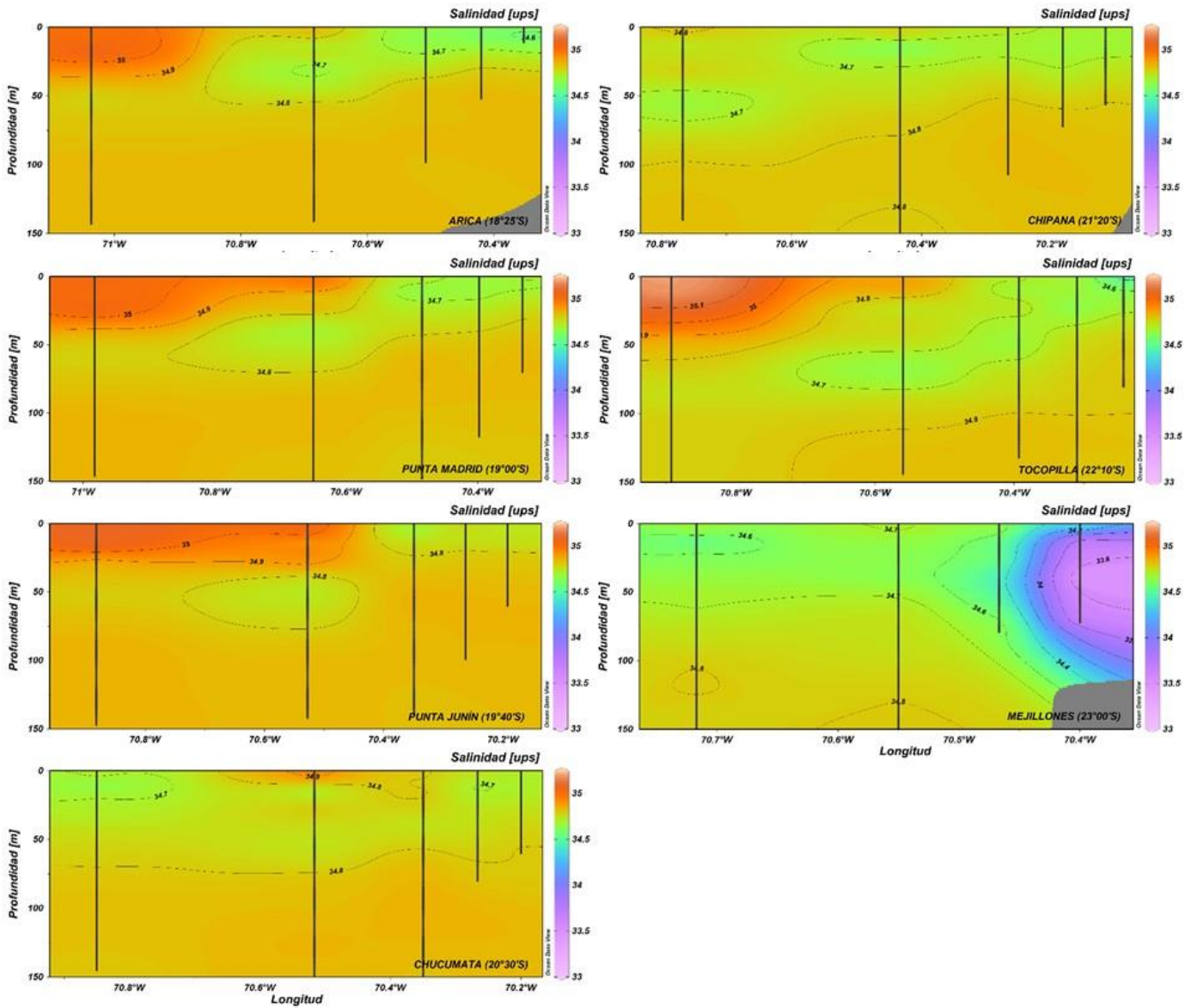


Figura 4. Distribución vertical de la salinidad (ups) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.



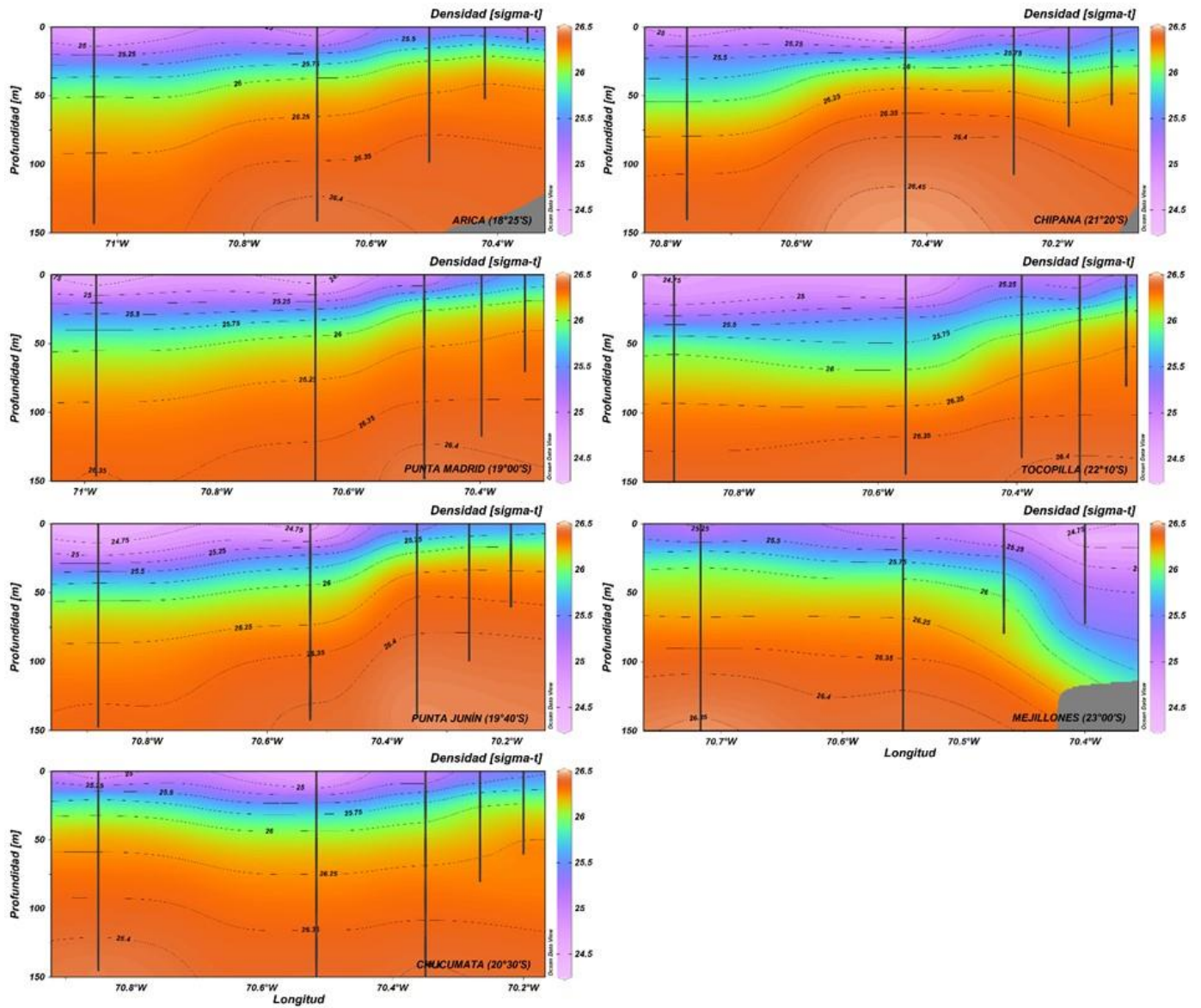


Figura 5. Distribución vertical de la densidad ( $\sigma_t$ ) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

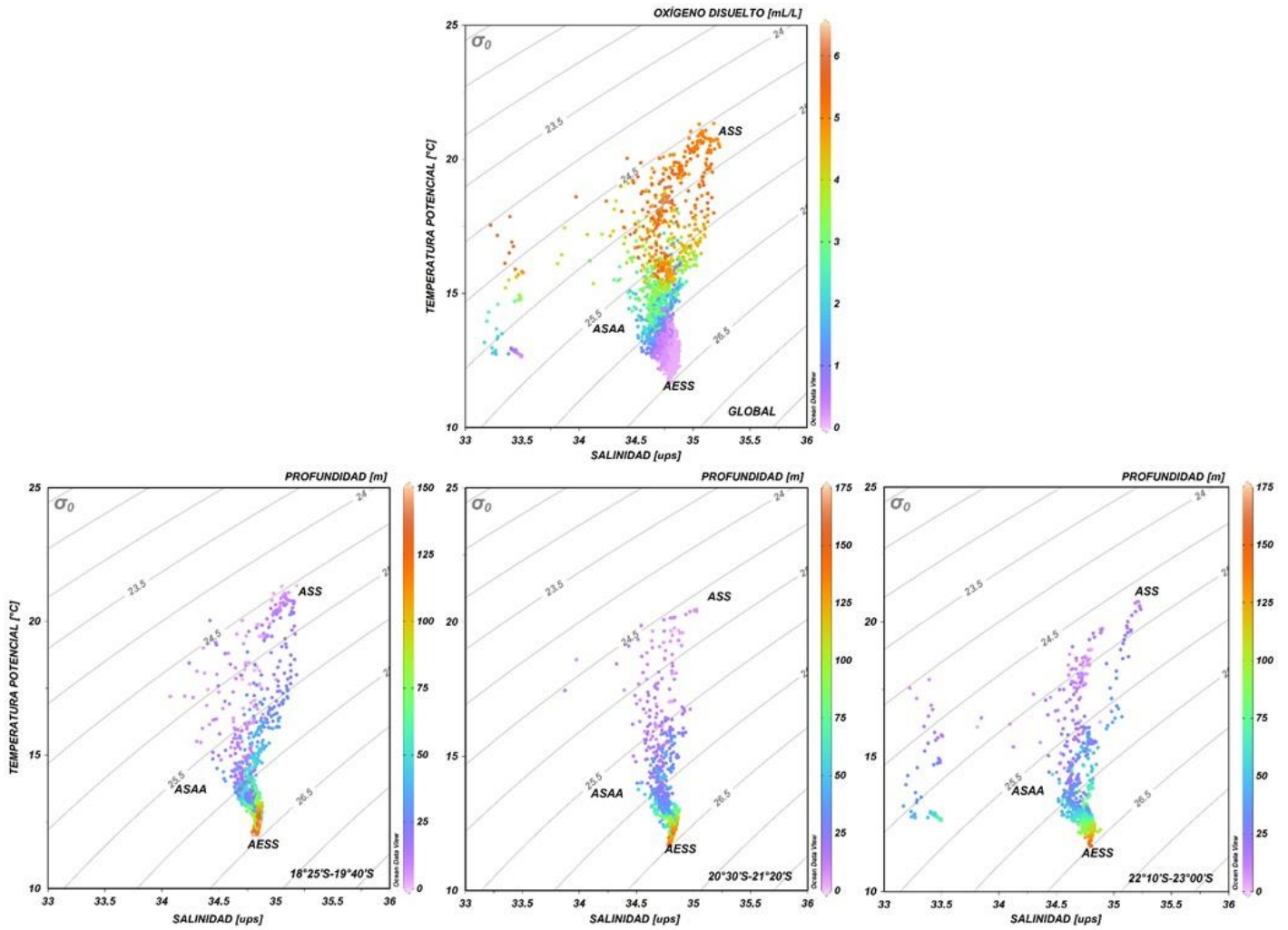


Figura 6. Diagrama Temperatura-Salinidad (T-S) global (panel superior) y para los sectores norte: 18°25'S-19°40'S (panel izquierdo), centro: 20°30'S-21°20'S (panel central) y sur: 22°10'S-23°00'S (panel derecho), entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

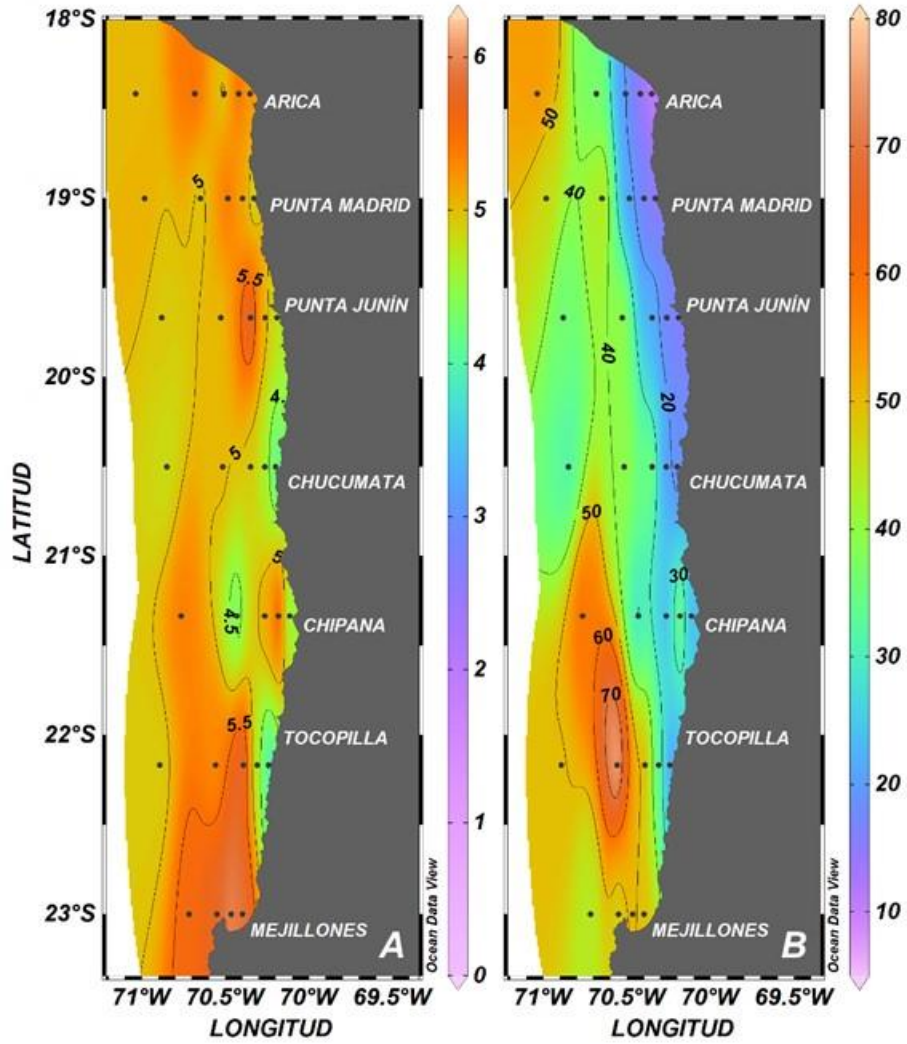


Figura 7. A: distribución superficial del oxígeno disuelto (mL O<sub>2</sub>/L) y B: profundidad del LS\_ZMO (m) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

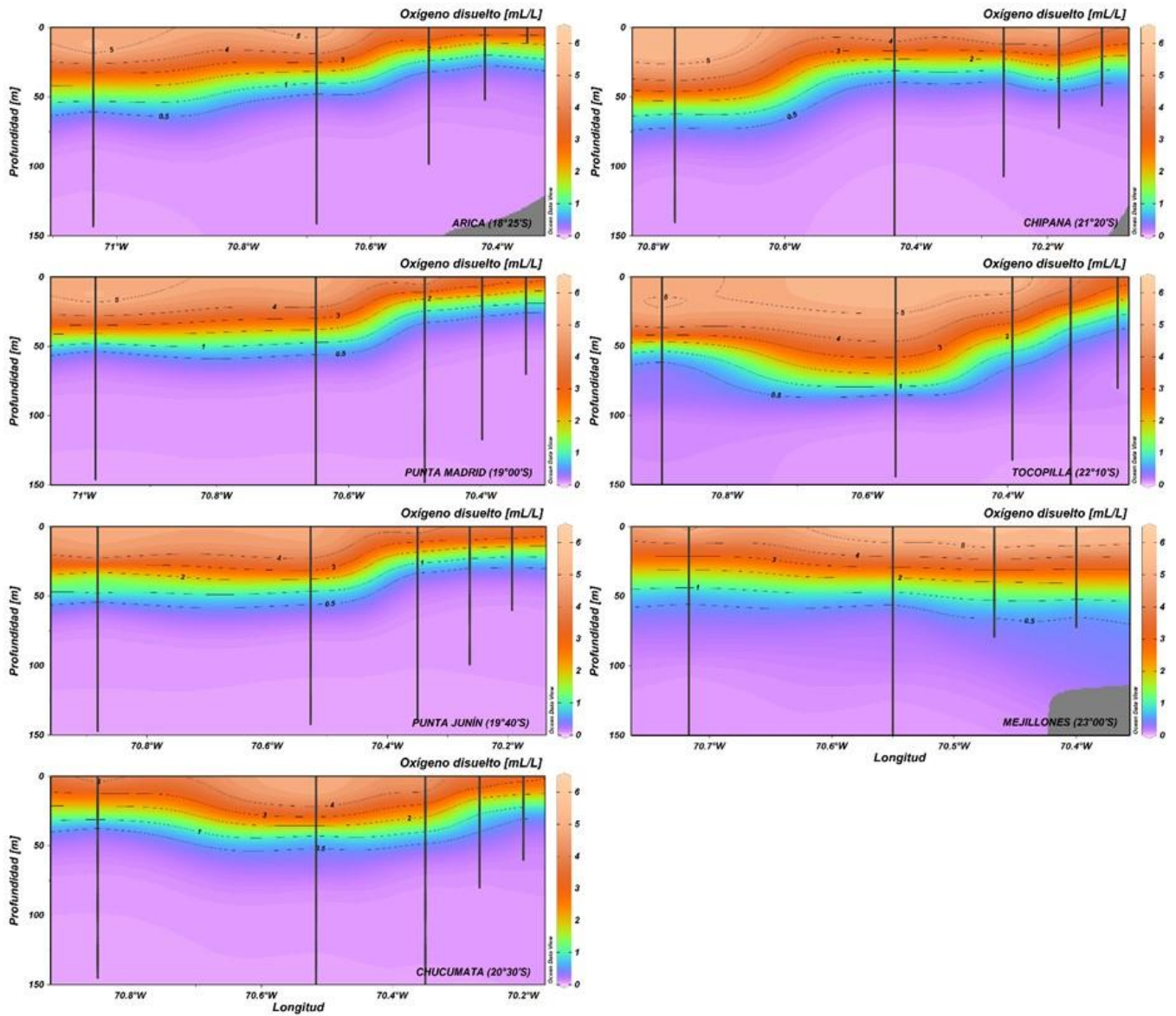


Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL O<sub>2</sub>/L) entre los días 30 de noviembre y 4 de diciembre de 2020.

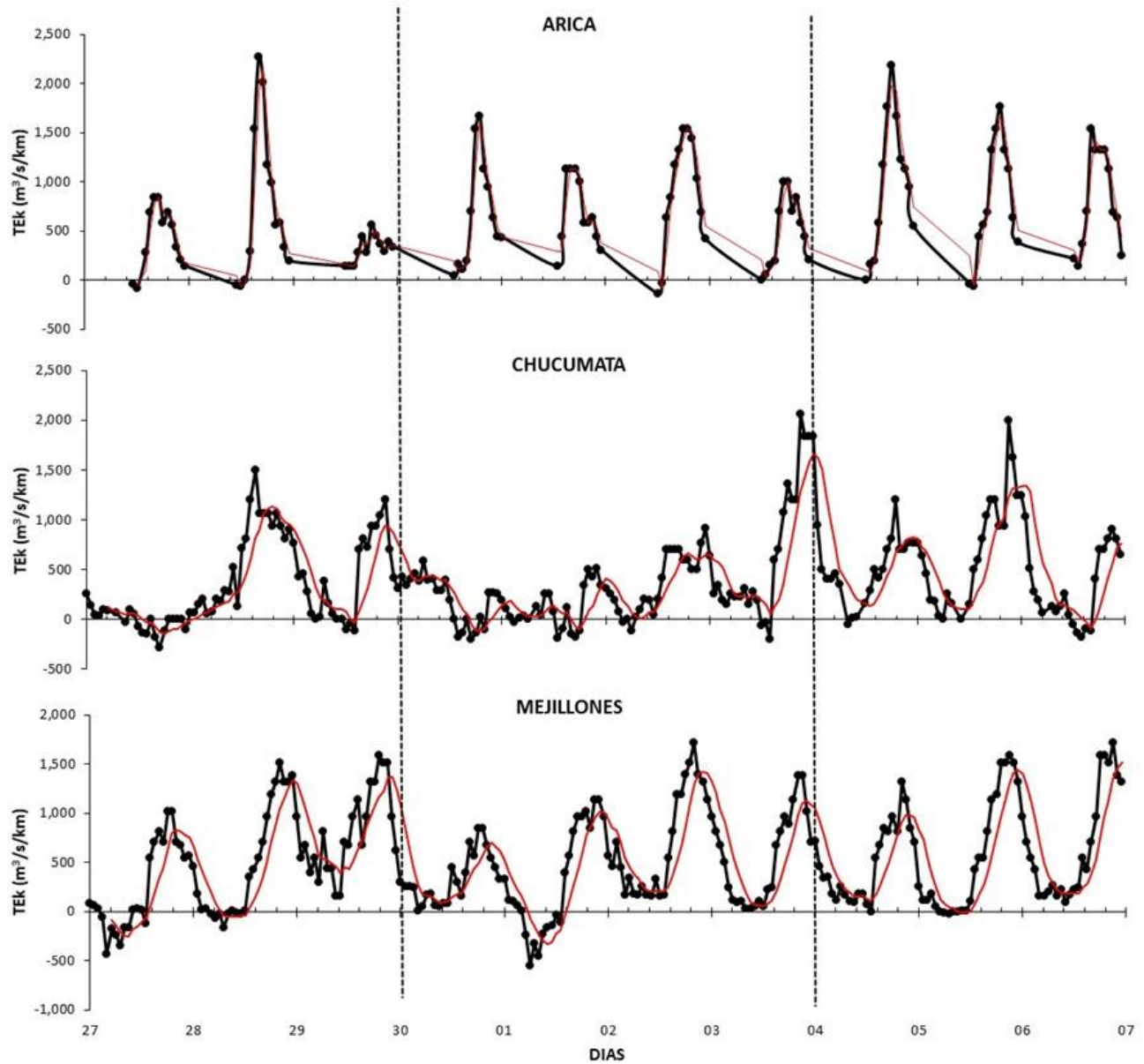


Figura 9. Valores horarios del Transporte de Ekman ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}$ ) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 27 de noviembre y 6 de diciembre de 2020 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

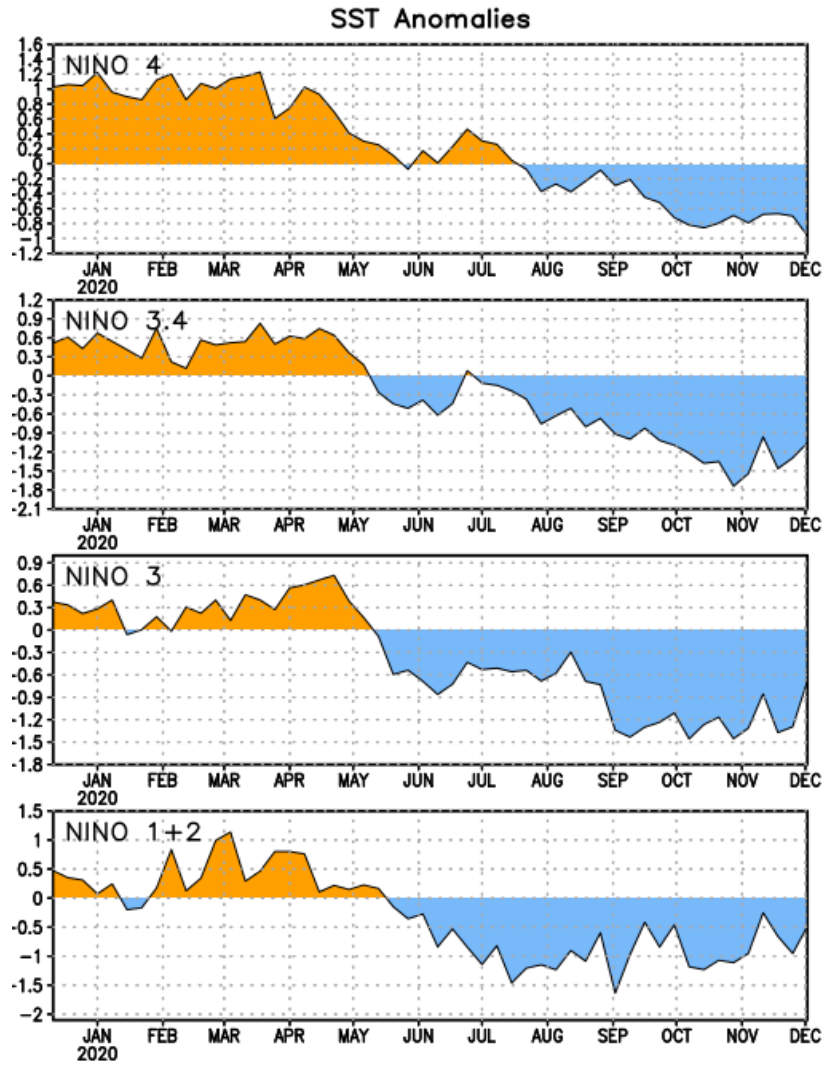


Figura 10. Anomalías de la Temperatura superficial del mar (°C) en las regiones El Niño entre enero y el 7 de diciembre de 2020 (fuente: [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)).

## **LITERATURA CITADA**

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina, diciembre 2020.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 14 December 2020.