

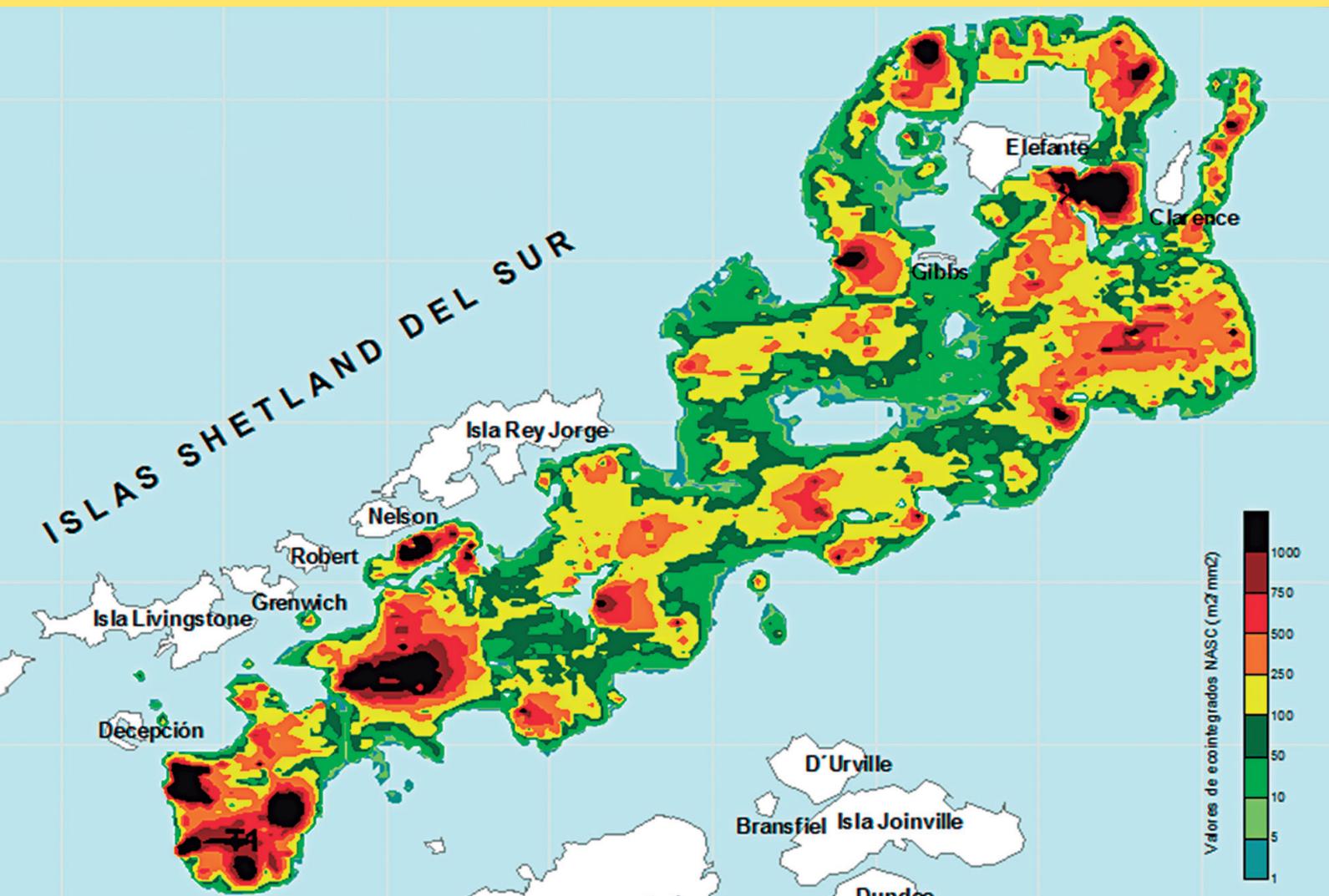


BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016
Callao, Perú

ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS DURANTE LA EXPEDICIÓN ANTAR XVI

OCEANOGRAPHIC ASPECTS DURING EXPEDITION ANTAR XVI

José Tenorio¹

RESUMEN

TENORIO J. 2016. *Aspectos oceanográficos durante la Expedición ANTAR XVI*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 48-57.- Las características oceanográficas en el estrecho de Bransfield mostraron mezclas de tres tipos de aguas: aguas del mar de Weddell; aguas del mar de Bellingshausen caracterizada por la presencia de agua Superficial Antártica y agua Circumpolar Profunda; aguas del estrecho de Gerlache. En el estrecho de Bransfield se visualizó el Frente Bransfield (FB), que separa aguas cálidas y de baja salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho de Bransfield, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional. En la zona del experimento (isla Elefante) se observó que entre los parámetros ambientales fue la temperatura, la que mostró una relación significativa entre las mejores concentraciones de fitoplancton (dinoflagelados) y la isoterma de 1,0 °C en las capas superiores a los 20 m de profundidad. Existe también un comportamiento diferenciado del krill, profundizándose durante el día y ascendiendo durante la noche; la mayor presencia de krill estaría asociada a temperaturas de 0,5 °C a 1,0 °C, los individuos serían adultos y sub-adultos, situados entre los 30 y 70 m de profundidad.

PALABRAS CLAVE: Dinámica oceanográfica, temperatura, salinidad, Frente de Bransfield

ABSTRACT

TENORIO J. 2013. *Oceanographic aspects during Expedition ANTAR XVI*. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 48-57.- Oceanographic features in the Bransfield Strait showed the confluence of three types of waters: Weddell Sea waters, Bellingshausen Sea waters characterized by the presence of Antarctic Surface Water and Circumpolar Deep Water, Gerlache Strait waters. In Bransfield Strait the Front Bransfield (FB) was observed, which separates warm - low salty water flowing toward the northeast in the northern half of the Bransfield Strait from cold and more salty water occupying its middle area. In the experiment on Elephant Island, temperature showed a significant correlation with the best concentrations of phytoplankton (dinoflagellates) and the 1.0 °C isotherm in the layers deeper than 20 m depth. A diel pattern of krill was also observed, deepened during the day and ascending at night; the increased presence of krill would be associated with temperatures of 0.5 °C to 1.0 °C, with adults and sub-adult individuals located between 30 and 70 m depth.

KEYWORDS: Dynamic oceanographic, temperature, salinity, Bransfield Front

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados en la Antártida, estrecho de Bransfield e isla Elefante, se ejecutaron dentro del proyecto COPEPOD I presentado por el IMARPE, teniendo dentro de sus finalidades evaluar el ambiente marino y la dinámica oceanográfica del estrecho de Bransfield durante el verano austral del 2006, así como el estudio de la distribución de las masas de agua que ocupan el estrecho a partir de sus características hidrográficas a fin de establecer relaciones bio-ambientales.

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield está relativamente establecida, gracias a esfuerzos previos de otros investigadores, así como las características notorias de divergencia entre aguas cálidas y de baja salinidad y aguas frías y salinas en una región denominada Frente Bransfield (FB).

Una de las particularidades generales de las masas de agua es la profundización de las mismas, como

son las aguas Antártica de fondo que se forman en la superficie de las inmediaciones del continente Antártico, fundamentalmente en los mares de Weddell y de Ross, pero debido a su baja temperatura y alta salinidad se hunden rápidamente a causa de su mayor densidad.

La circulación general en la Antártica está fuertemente afectada por la Corriente Circumpolar Antártica, que abarca gran parte de la columna de agua. Esta corriente, en general, tiene dirección predominante hacia el Este.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la Décima Sexta Expedición Peruana a la Antártida (ANTAR XVI) se llevó a cabo el crucero de investigación en el estrecho de Bransfield y alrededor de la isla Elefante, a bordo del buque de investigación científica BIC Humboldt.

¹ Ecosistemas Acuáticos - WALSH PERU

El proyecto se realizó en dos etapas: la primera para estudiar las condiciones bio-ambientales del estrecho de Bransfield; la segunda fue un experimento adicional al frente de la isla Elefante, investigando tres días en forma continua el ambiente marino y el comportamiento del krill.

El muestreo oceanográfico efectuado del 06 al 13 de enero 2006, fue cubierto por 3 secciones transversales (Fig. 1) perpendiculares a las islas Shetland del Sur, realizando 38 estaciones de muestreo, de las cuales 13 fueron estaciones oceanográficas, en las que se efectuaron lanzamientos del registrador continuo CTD (conductividad, temperatura y profundidad) hasta una profundidad de 550 m, lanzamientos de botellas Niskin a profundidades estándares de 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m de profundidad, para la colecta de muestras para determinar salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila.

Para el estudio de masas y cuerpos de agua presentes en la zona de estudio se utilizó la clasificación propuesta por BIOMASS REPORT 1982 y se consideraron los estudios de SIEVERS 1982, STEIN 1983, KELLY y BLANCO 1986, WILSON et al. 1999, GARCÍA et al. 2002 y GOMIS 2002.

3. RESULTADOS

ETAPA 1: ESTRECHO DE BRANSFIELD

Distribución superficial

Temperatura.- La distribución de la temperatura superficial fluctuó entre $-0,8^{\circ}\text{C}$ a $2,4^{\circ}\text{C}$, siguiendo el clásico patrón general, con isotermas paralelas a la orientación del estrecho de Bransfield (Fig. 2).

Las temperaturas más bajas ($-0,5^{\circ}\text{C}$) se presentaron al Este de la plataforma continental de la península Antártica, estas aguas de menor temperatura provienen del mar de Weddell, ingresando al estrecho por el paso antártico. Las temperaturas superficiales más altas, estuvieron próximas a las islas Shetland del Sur, principalmente frente a la isla Rey Jorge presentando un núcleo de altas temperaturas ($>2,0^{\circ}\text{C}$).

Salinidad.- Fluctuó entre 33,794 a 34,511 ups, aumentando su concentración hacia la península Antártica (Fig. 3); los valores más altos ($>34,50$ ups) estuvieron cercanos a la isla D'Urville y la plataforma continental de la península, observándose un fuerte gradiente halino al sureste de las islas Shetland del Sur donde se presentaron los valores mínimos ($<34,0$ ups).

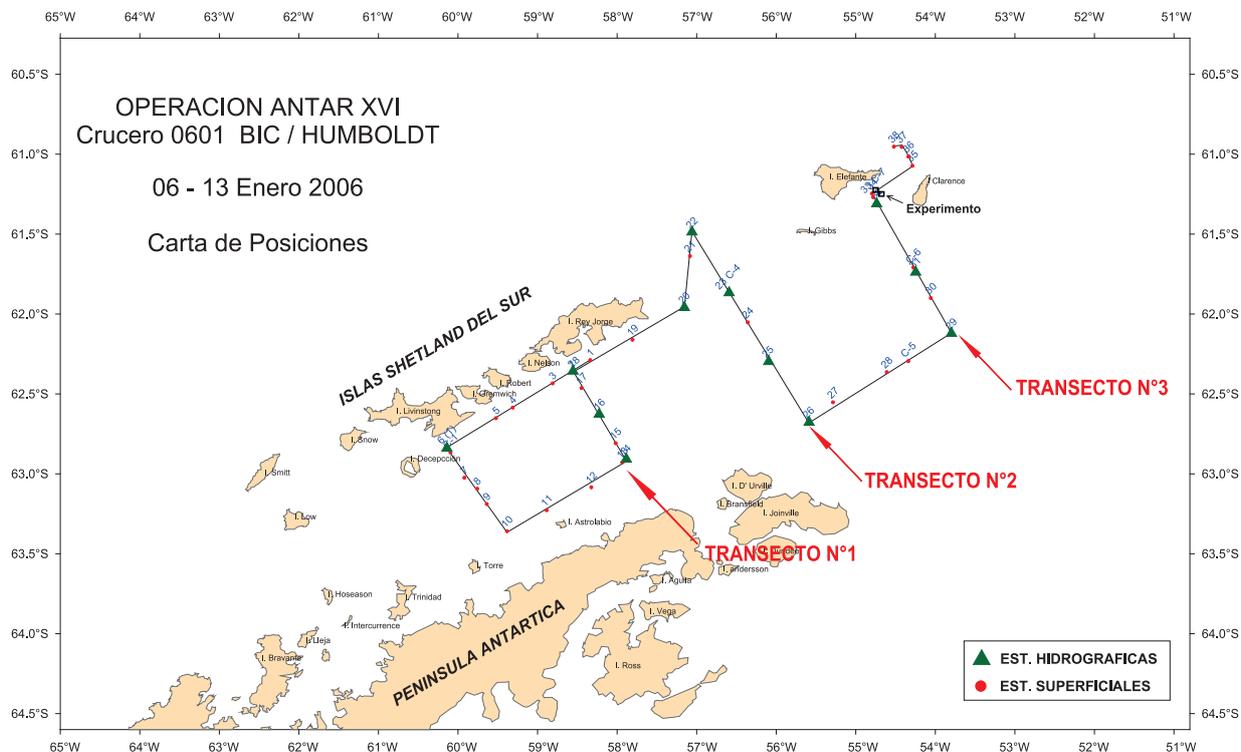


Figura 1.- Carta de posiciones ANTAR XVI, 6-13 enero 2016

En general, el patrón de distribución superficial de salinidades bajas, coincide con las temperaturas superficiales más altas y, los de valores altos con las temperaturas más bajas; esta situación determina, en general, masas de agua bien diferenciadas, con variación significativa de densidades.

Densidad (Sigma t).- En la figura 4, se muestra la distribución superficial de densidad. En ella

se puede apreciar una configuración similar a la salinidad, destacándose los valores más altos (>27,6 kg/m³) en las cercanías de la península Antártica, especialmente en el paso antártico y en el sector del mar de Weddell. Se aprecia también la zona frontal al suroeste de isla Trinidad, la forma de las isopícnas evidencia un meandro al sureste de la isla Decepción.

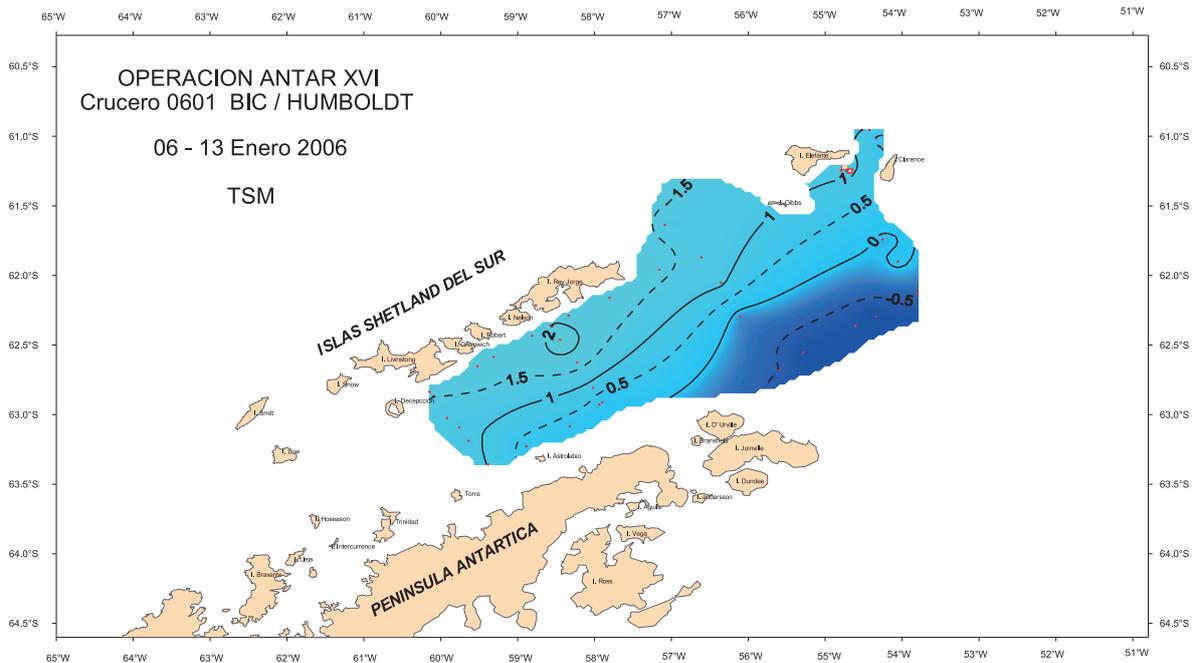


Figura 2.- Distribución de temperatura superficial (°C) ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

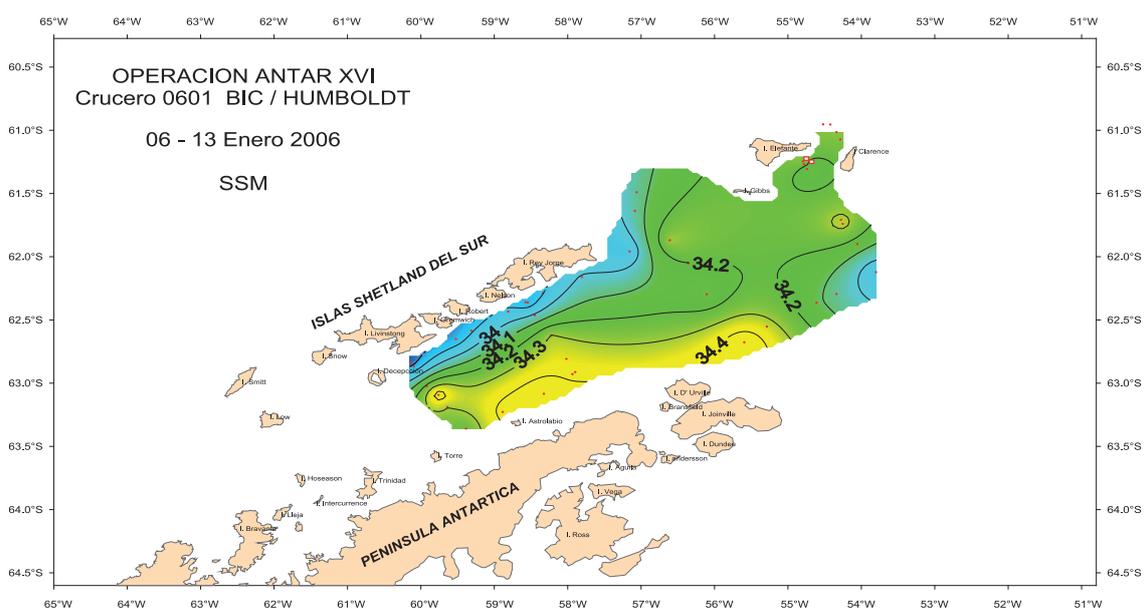


Figura 3.- Distribución de salinidad superficial (ups), ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

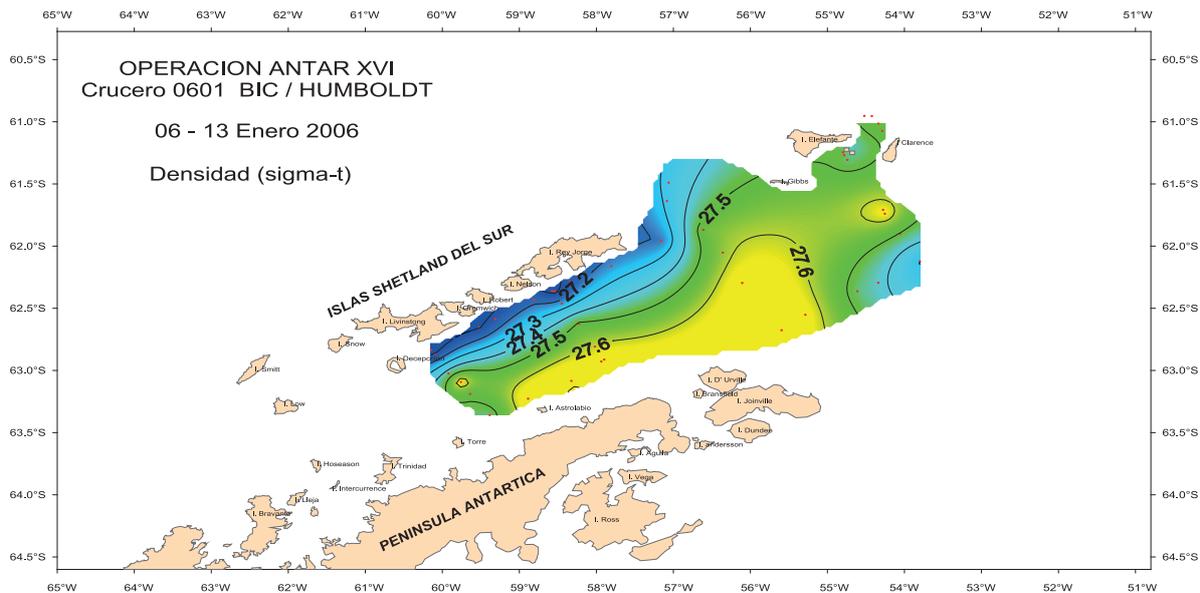


Figura 4.- Distribución de densidad superficial (kg/m^3), ANTAR XVI. 6–13 enero 2006

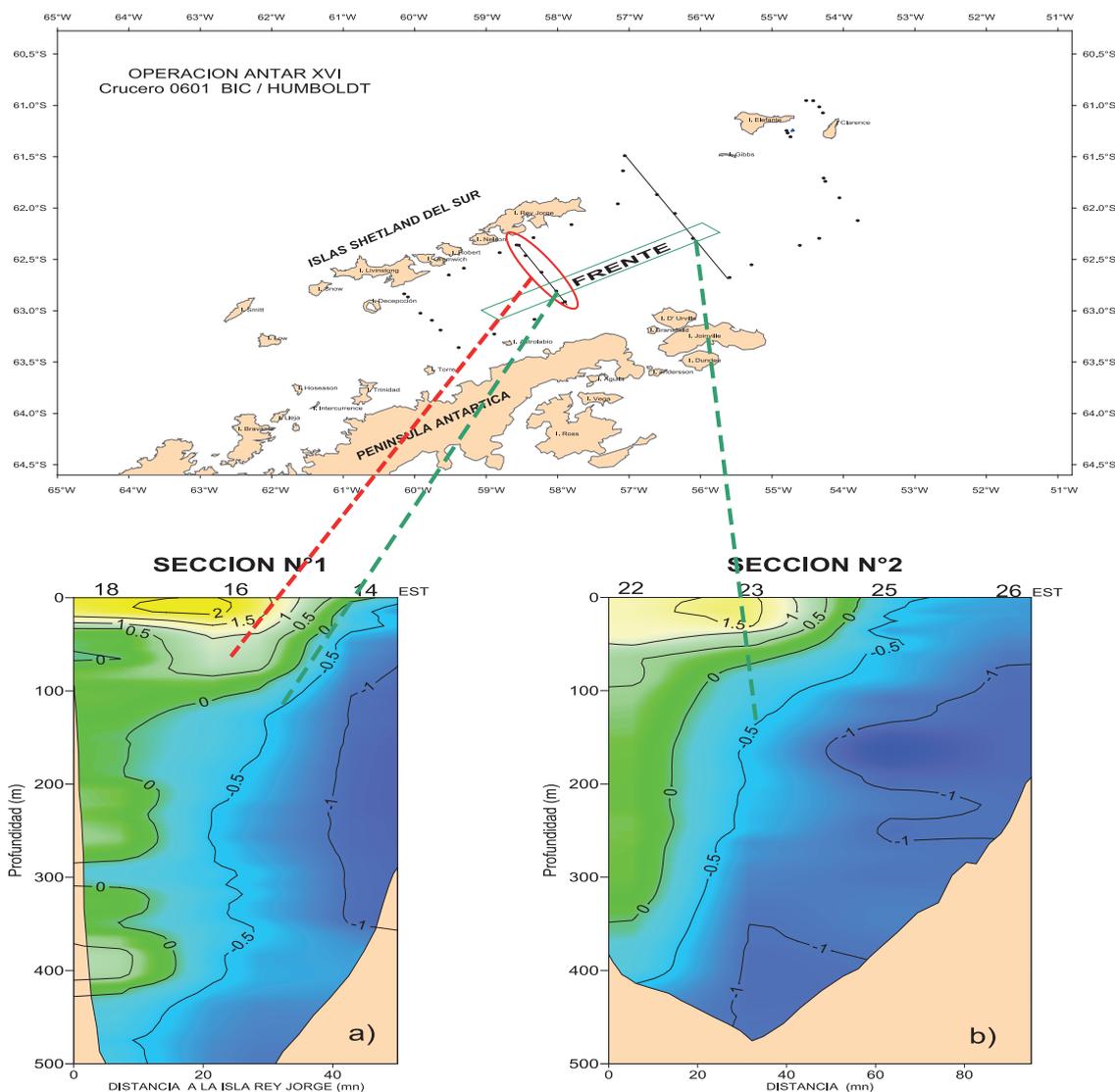


Figura 5.- Frente de Bransfield (FB), estructuras verticales perpendiculares en Bransfield, ANTAR XVI, 6–13 enero 2006

FRENTE DE BRANSFIELD (FB)

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield está relativamente establecida, es así que en el interior del estrecho se logra visualizar la región del Frente de Bransfield (FB), donde se presenta un acoplamiento entre las componentes física y biológica del sistema marino. El Frente separa aguas cálidas y de baja salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho, de aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (SANGRÁ y MARTÍNEZ 1999).

Al examinar la estructura vertical térmica a lo largo de la Sección 1 (Fig. 5) se observa entre las estaciones 18 y 14 la señal del FB reflejada en la orientación vertical de las isotermas. A partir de un análisis más detallado de esta sección, se puede apreciar, como en la estación 16, que las isotermas se hunden sugiriendo la presencia de un giro o eddy de núcleo cálido asociado al FB.

La presencia de un posible remolino asociado al FB sería un importante mecanismo de transferencia de propiedades físicas y biológicas a través del Frente.

Este giro estaría asociado a una montaña submarina por lo que sería una estructura cuasi permanente. El FB pudo ser observado también en la Sección 2 y su señal en el campo de temperatura se define por el hundimiento de las isotermas centrado en la estación 23 de la radial perpendicular.

Distribución vertical

La distribución vertical (Figs. 5, 6, 7) muestra que en el estrato superficial la temperatura presenta un gradiente ascendente de sur a norte en todas las secciones y, en sentido vertical los valores disminuyen con la profundidad, especialmente los que están más cercanos a la península Antártica. La salinidad en general aumenta con la profundidad pero bajo los 200 m, se observan condiciones homogéneas.

Sección N°1

En esta sección, se presenta un mínimo marcado que se profundiza de sur a norte entre los 100 y 400 m con valores inferiores a 0 °C. Además, se aprecia la inversión de temperatura hasta los 75 m de la

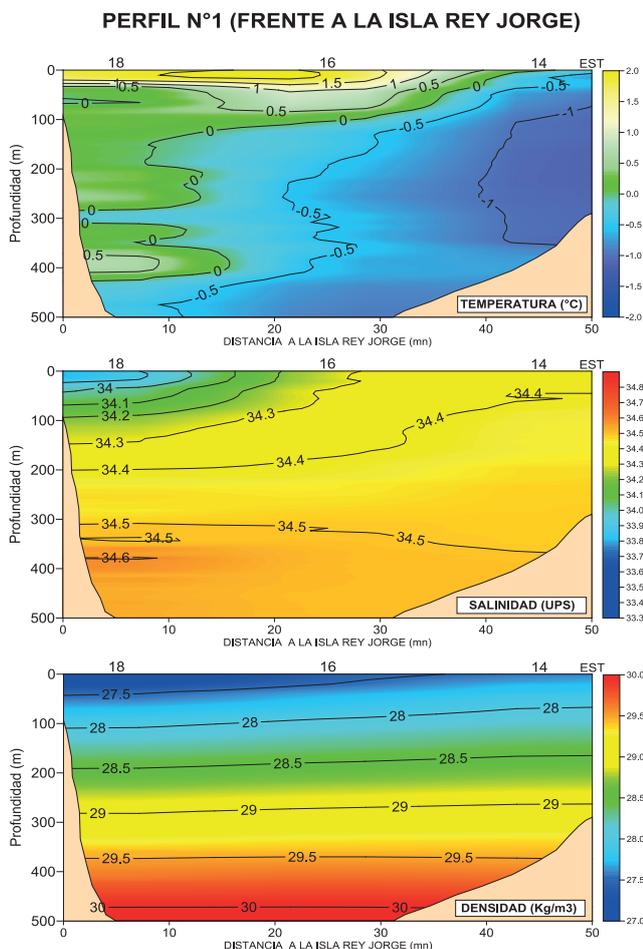


Figura 6.- Sección vertical frente a la isla Rey Jorge a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m³)

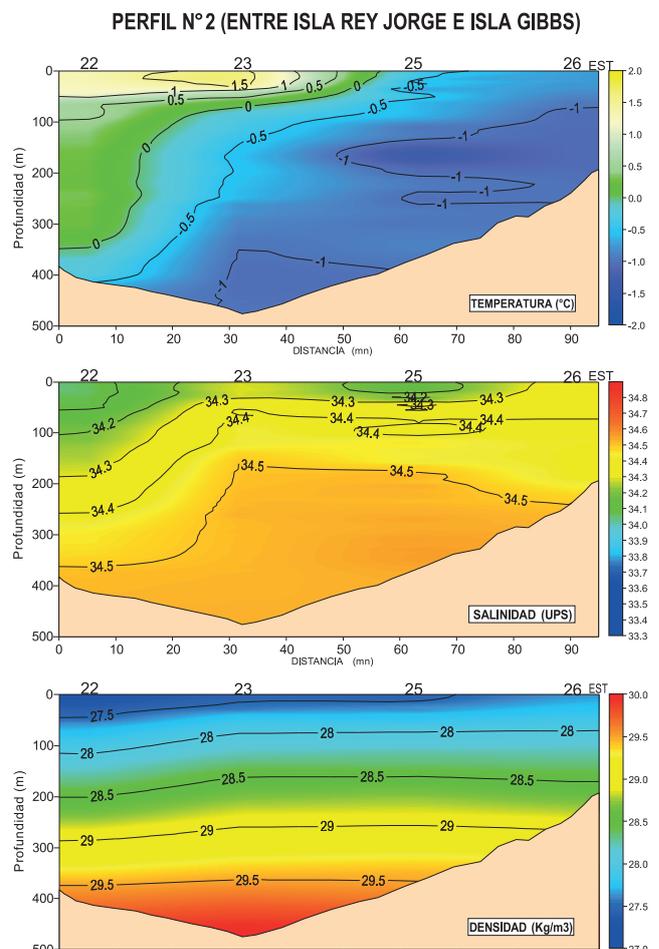


Figura 7.- Sección vertical entre islas Rey Jorge y Gibbs. a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m³)

columna de agua. La zona más cálida del perfil, estaría ubicada en la zona próxima a la isla Rey Jorge hasta aproximadamente 30 mn, con valores mayores a 1,0 °C principalmente sobre los 40 m. Mientras que las más frías (<-1,0 °C) estarían ubicadas por debajo de los 100 m, cercanos a la península Antártica. La salinidad presenta un gradiente en el estrato superficial, entre 0 y 150 m, el que muestra su mayor intensidad en la zona adyacente a la isla Rey Jorge, observándose bajas concentraciones (<33,9 ups) en la superficie, mientras que en la zona próxima a la península Antártica estas concentraciones serían más homogéneas y presentarían sus valores máximos (>34,4 ups). Las densidades presentan una distribución paralela hacia la superficie, ubicando a los máximos valores (>29,5 kg/m³) en la zona más profunda, mientras que los mínimos (<27,5 kg/m³) estarían situados en la superficie (Fig. 6).

Sección N°2

En esta sección, se aprecian temperaturas inferiores a -0,5 °C a partir de la superficie en el sector sur y en el sector central por debajo de los 100 m de profundidad. También, se aprecia un ambiente ligeramente cálido en la zona norte con temperaturas mayores a 1,0 °C, observándose una capa de mezcla bien desarrollada hasta aproximadamente 50 m de profundidad, mientras que en la zona sur se mostró un ambiente frío (<-1,0 °C) por debajo de los 100 m de profundidad, aguas asociadas a las aguas frías del mar de Weddell.

La salinidad presenta las máximas concentraciones (>34,2 ups) en la zona norte y centro de la sección vertical, hasta una profundidad de 100 y 50 m respectivamente, produciéndose inversiones de salinidad. Inversiones de menor magnitud se registraron en los primeros 30 m de la columna en la estación 25. La densidad, al igual que en la sección N°1, presenta distribución paralela a la superficie, ubicando los máximos valores en la zonas más profundas y los mínimos en superficie (Fig. 7).

Sección N°3

En esta sección también se observa el gradiente térmico ascendente de sur a norte (mar de Weddell e isla Elefante), ubicándose las temperaturas más altas (1,0 °C) cerca de la isla Elefante aunque con menores valores respecto a las secciones anteriores, en cambio al sur se mantuvieron por debajo de -0,5 °C. Los valores menores a -1,0 °C están ubicados bajo los 30 m de profundidad de la zona sur. La salinidad presenta mínimos valores en la zona cercana a la isla Elefante y en la zona sur influenciada por las aguas del mar de Weddell, principalmente sobre los 40 m de profundidad. Los bajos tenores halinos en las capas cercanas a la superficie, contribuyeron a disminuir los valores de densidad, siendo estos alrededor de 27,5 kg/m³, aumentando paulatinamente con la profundidad (Fig. 8).

Masas de agua

Para denominar los diagramas T-S de la zona de estudio, se usó la misma clasificación propuesta por BIOMASS REPORT 1982. En la figura 9, se presenta un esquema de masas de agua donde se puede apreciar que las aguas interiores del estrecho Bransfield son mezcla de tres tipos principales (W, B y S) y del agua formada in situ en el sector de la plataforma de la península Antártica.

El tipo denominado W corresponde a aguas del mar de Weddell, caracterizadas por temperaturas bajas (<1 °C) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups. Las menores salinidades superficiales, probablemente se deben a los procesos de fusión de hielo en la zona adyacente a la península Antártica. En profundidad, la salinidad toma los valores altos característicos de este tipo de agua.

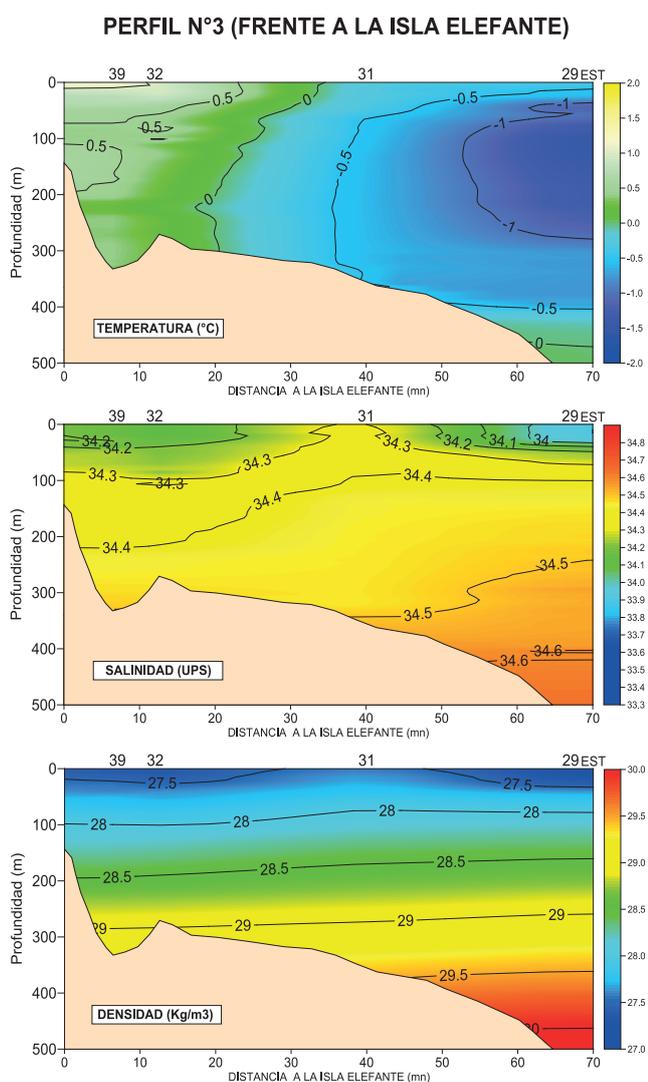


Figura 8.- Sección vertical frente a isla Elefante. a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Densidad (kg/m³)

El tipo denominado B, representa las aguas del mar de Bellingshausen y se caracteriza por la presencia de agua Superficial Antártica, con su mínima temperatura situada en aproximadamente 40 m de profundidad, y por agua Circumpolar Profunda que produce un aumento de la temperatura y salinidad con la profundidad, alcanzando valores de temperaturas superiores a los 2 °C y 34,6 ups de salinidad en profundidades superiores a los 200 m.

El tipo denominado S, corresponde a aguas del estrecho de Gerlache, las que presentan altas temperaturas (>2 °C) y bajas salinidades (<33,6 ups) en superficie, probablemente debido a efectos de la radiación solar y a la fusión de hielos, ambas características van cambiando hacia mayores profundidades, disminuyendo la temperatura y aumentando la salinidad.

Otro tipo de agua que tiene especial relevancia en la plataforma de la península Antártica es la que se ha denominado W1 (t=-0,5 °C y S=34,5 ups), que se forma en la zona más adyacente a la península Antártica (BIOMASS REPORT 1983) e influye en toda la zona sur del estrecho de Bransfield, indicando una dirección de mezcla hacia el SW (Br W).

El agua del mar de Bellingshausen (B y B1) se mezcla con aguas del estrecho de Bransfield, especialmente en el sector más adyacente a las islas Shetland del Sur dando origen a las curvas T-S tipo BrS en las cuales se pueden distinguir tres masas de agua: la Superficial Antártica con su mínimo de temperatura cercano a

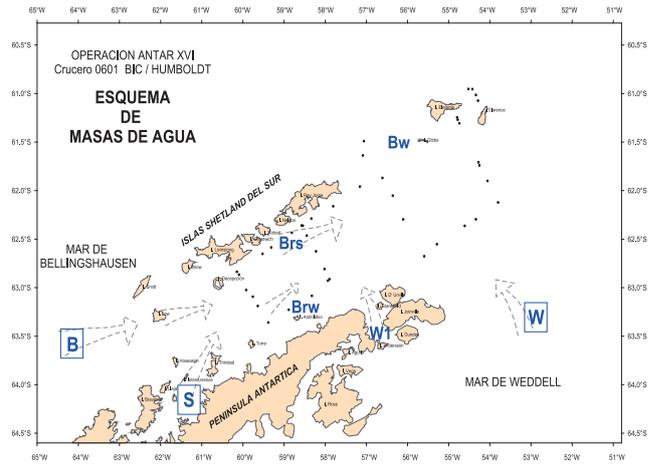


Figura 9.- Esquema de distribución de masas de agua, ANтар XVI, 6-13 enero 2006

los 100 m, el agua Circumpolar Profunda y el agua de Fondo del estrecho de Bransfield. Esta mezcla presenta una dirección NE y pierde su identidad a la altura del estrecho de Nelson, para aparecer en las aguas entre las islas Rey Jorge y Elefante (BW) probablemente debido a advección por el norte de las islas Shetland del Sur.

En general, el sentido de mezcla, inferido de los diagramas T-S, reafirma lo encontrado por CLOWES 1934, GORDON y NOWLIN 1978, SIEVERS 1982 y por los talleres de trabajo de FIBEX (BIOMASS REPORTS) (Figs. 10, 11).

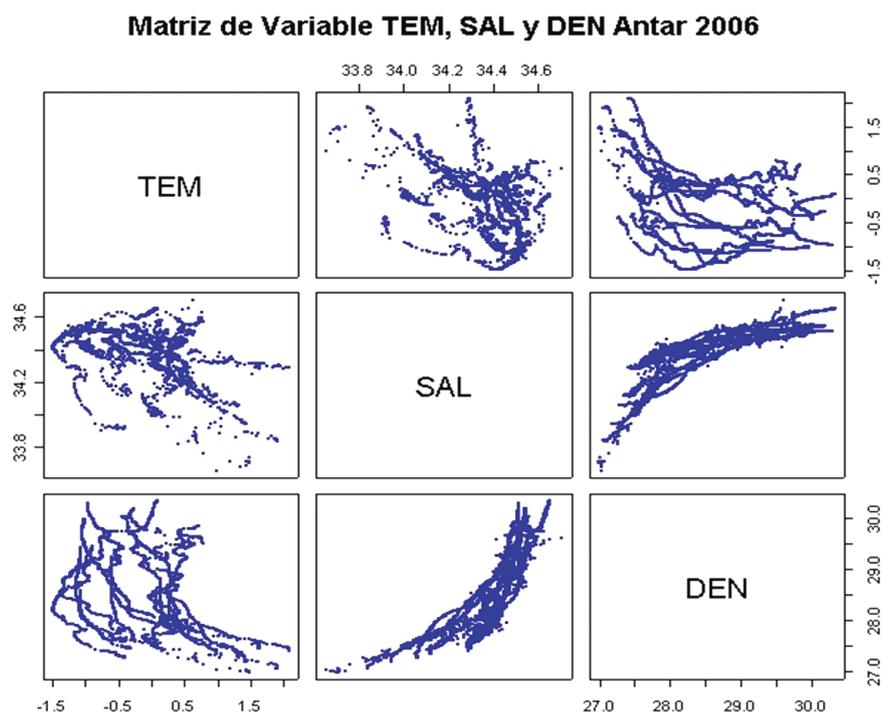


Figura 10.- Matriz de variables físico-oceanográficas, masas de agua. ANтар XVI. 6-13 enero 2006

ETAPA 2: ISLA ELEFANTE

Acoplado al Crucero Antar XVI y dentro del proyecto COPEPOD I, se realizó un experimento de registro continuo de datos oceanográficos durante tres días, en el cual se realizaron 12 estaciones hidrográficas con lanzamientos de CTD y botellas Niskin frente a la isla Elefante, obteniéndose series de tiempo de la estructura vertical de la variación termohalina.

Las condiciones registradas en la estructura vertical de la serie de tiempo (Fig. 12), no muestra variación termohalina significativa, situando a los valores

térmicos mayores a 1,0 °C sobre los 20 m de profundidad, esta isoterma tendría un comportamiento horario profundizándose en el día (aproximadamente entre las 10 y 18 horas) hasta 30 m de profundidad y ascendiendo en la noche (23:00 y 04:00 horas) hasta 5 m de profundidad, esta isoterma estaría estrechamente relacionada a mínimos valores halinos (<34,2 ups) pero sin presentar comportamiento horario. Mientras que por debajo de los 100 m de profundidad los comportamientos térmico y halino se mantienen mucho más estables con valores menores a 0,5 °C y 34,3 ups.

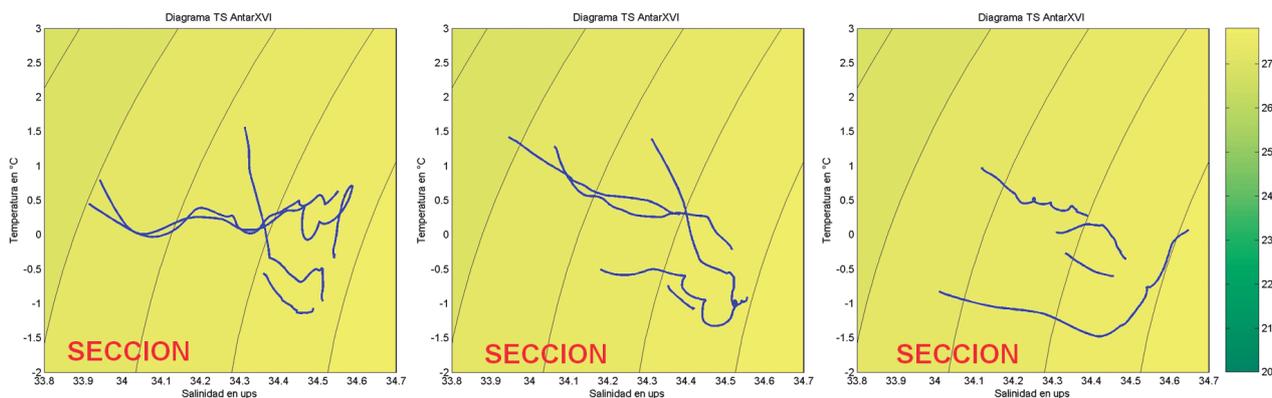


Figura 11.- Distribución de los diagramas de TS para los diferentes perfiles oceanográficos. ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

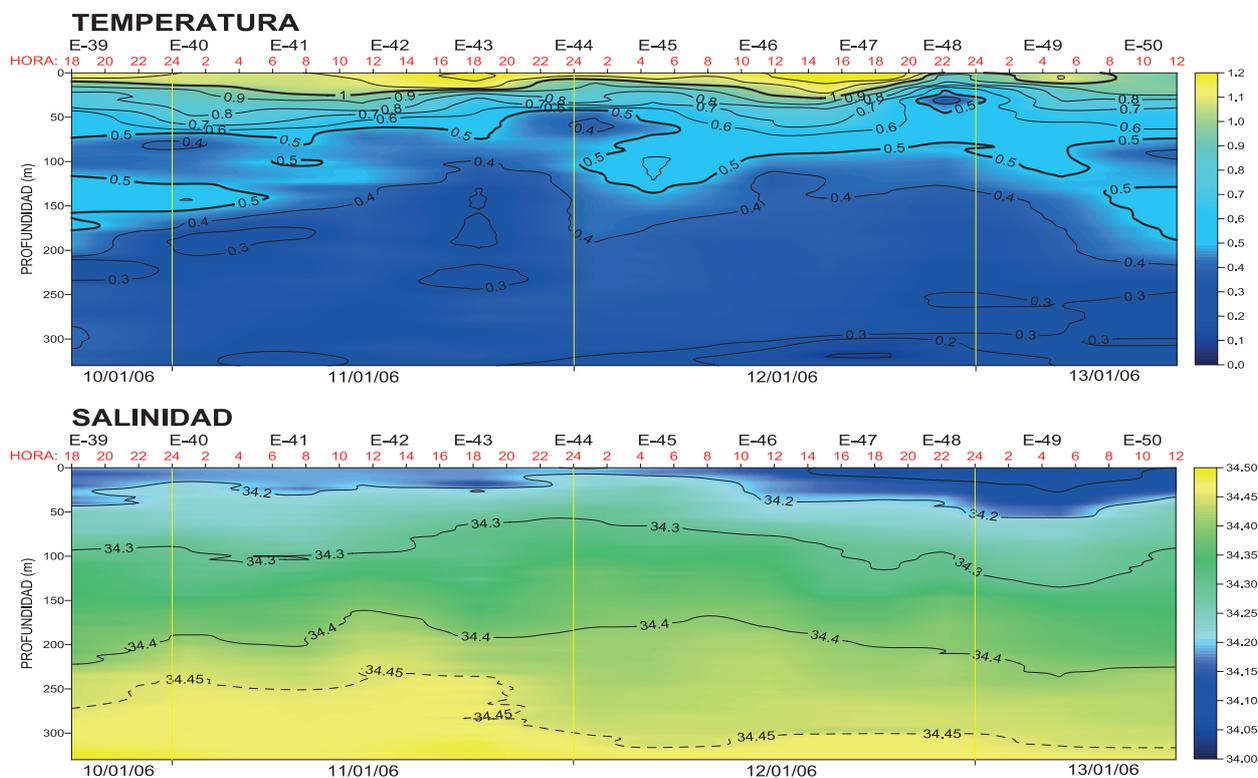


Figura 12.- Serie de tiempo de la distribución termo-halina, frente a isla Elefante, ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

En el diagrama TS del experimento (Fig. 13) se pudo observar la gran influencia de las aguas del mar de Weddell, caracterizadas por temperaturas bajas ($<1\text{ }^{\circ}\text{C}$) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups, además de la presencia de las aguas del estrecho de Bransfield, formada por la mezcla de agua Superficial Antártica, agua Circumpolar Profunda y aguas de fondo del estrecho Bransfield, descritas anteriormente.

Se han relacionado los parámetros ambientales con la distribución de fitoplancton (totales de diatomeas, dinoflagelados y flagelados) anexados a la distribución de individuos de krill (adultos, sub-adultos y juveniles) en cada una de las estaciones y calas correspondientes donde la distribución de temperatura mantiene una mejor asociación con los parámetros biológicos. El comportamiento diurno del krill muestra que se profundiza durante el día (aprox. 80 a 140 m de profundidad) y asciende durante la noche (30 a 50 m de profundidad), esta mayor presencia de krill estaría asociado a temperaturas fluctuantes entre 0,5 a 1,0 $^{\circ}\text{C}$ y principalmente los individuos serían adultos y sub-adultos, la mayor presencia habría estado situada entre los 30 y 70 m de profundidad del día 12/01/2006 muy asociados a la isoterma de 0,7 $^{\circ}\text{C}$.

Con relación al fitoplancton, el krill no presenta una asociación significativa, por el contrario las concentraciones de dinoflagelados mostrarían una relación directa con la temperatura, donde se muestra

que las mayores concentraciones de dinoflagelados estarían muy ligadas a la isoterma de 1,0 $^{\circ}\text{C}$ y en capas superiores a los 20 m de profundidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, resaltan los valores y rasgos estructurales de la temperatura en el área de estudio, mostrando en general, situaciones similares a las descritas por otros investigadores y a las obtenidas durante expediciones peruanas anteriores como SOLDI et al. 1988, LAOS et al. 1989.

4. CONCLUSIONES

El agua del interior del estrecho Bransfield presenta mezcla de tres tipos principales: aguas de los mares de Weddell y de Bellingshausen y del estrecho de Gerlache. También es importante el agua formada en el sector más adyacente a la península Antártica que domina el sector meridional del estrecho.

Las aguas del mar de Weddell (W) están caracterizadas por temperaturas bajas ($<1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) y salinidades de 33,8 a 34,7 ups; las del mar de Bellingshausen (B) se caracterizan por el mínimo de temperatura del agua Superficial Antártica y por el aumento de ésta en profundidad correspondiente al agua Circumpolar Profunda; las del estrecho de Gerlache (S) presentan altas temperaturas ($>2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y bajas salinidades ($<33,6$ ups) en superficie, producto de la fusión de hielos, características que varían rápidamente con la profundidad, bajando la temperatura a menos de 0 $^{\circ}\text{C}$ y aumentando la salinidad sobre 34,5 ups.

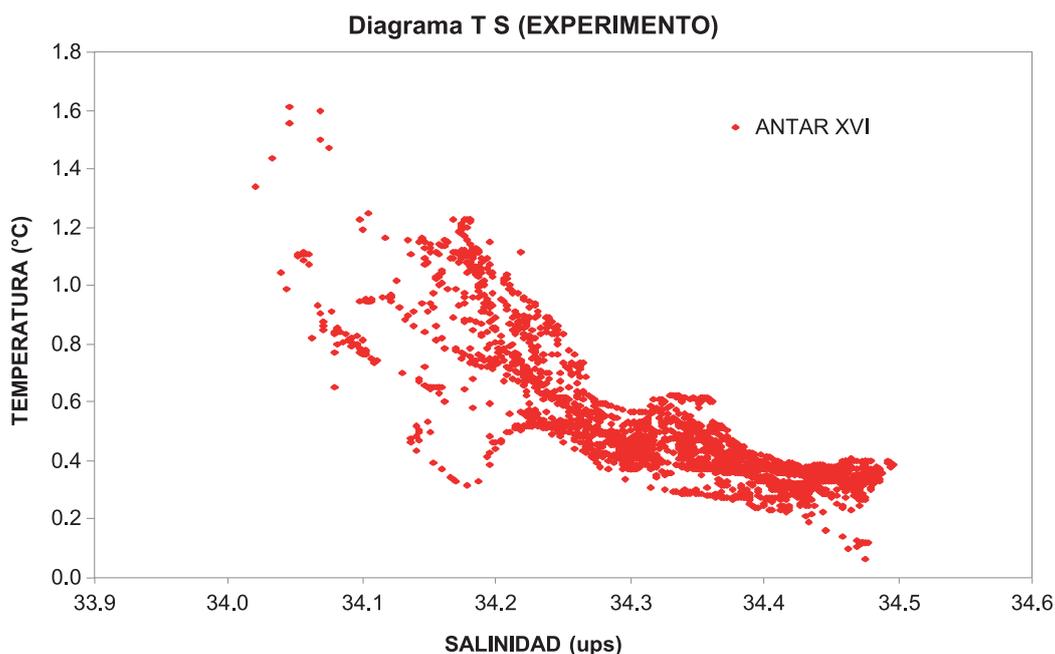


Figura 13.- Diagrama de TS, experimento frente a la isla Elefante. ANTAR XVI, 6-13 enero 2006

La circulación superficial del estrecho, obtenida por la configuración de densidades, muestra una dirección general hacia el NE, afectada por la Corriente Circumpolar Antártica.

La profundización de las isotermas con valores negativos, que proceden del mar de Weddell, en medio del estrecho, es producto del encuentro de masas de agua que provienen del estrecho de Gerlache y del mar de Bellingshausen, aumentando hacia las islas Shetland del Sur y hacia el mar de Bellingshausen.

Los valores de temperatura más altos, fueron especialmente notorios en el sector cercano a las islas Nelson y Rey Jorge, donde se produjo un frente de temperaturas mayores de 2 °C. En profundidad, se apreció el aumento de las temperaturas hacia el sector del mar de Bellingshausen, siendo claro el hundimiento de las isotermas, esto tiene su origen en la convergencia entre las aguas frías de fondo del estrecho Bransfield y las aguas más cálidas provenientes del mar de Bellingshausen.

El agua mezclada del mar de Bellingshausen, influye sólo en el sector más adyacente a las islas Shetland del Sur, especialmente al sur de la isla Livingston y del estrecho Nelson, lo que indicaría el paso de este tipo de agua desde el norte por el mencionado estrecho.

En el experimento, la relación mejor acentuada entre los parámetros ambientales y biológicos fue la temperatura, que mantiene relación significativa entre las concentraciones de fitoplancton y la isoterma de 1,0 °C.

5. REFERENCIAS

- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1982. First Post-FIBEX Hydrographic Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. Sept. 1982. BIOMASS Report Series 30.
- BIOMASS SCAR/SCOR/IABO/ACMRR. 1983. Second Post-FIBEX Data Interpretation Workshop. Hamburg, F.R.G. May 1983. BIOMASS Report Series 31.
- CLOWES A J. 1934. Hydrology of the Bransfield Strait. Discovery Reports 9:1-64. Cambridge University Press. London.
- GARCÍA M A, CASTRO C G, RÍOS A F, DOVAL M D, ROSON G, GOMIS D, LÓPEZ O. 2002. Water masses and distribution of physic-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. Deep-Sea Research II 49, 585-602.
- GOMIS D, GARCÍA M A, LÓPEZ O, PASCUAL A. 2002. Quasi-geostrophic 3D circulation and mass transport in the western sector of the South Shetland Islands. Deep-Sea Research II 49, 603-621.
- GORDON A I, NOWLIN W D. 1978. The basin waters of the Bransfield Strait. Journal of Physical Oceanography 8, 258-264.
- KELLY R, BLANCO J L. 1986. Hidrografía del estrecho Bransfield durante el verano austral 1985 (SIBEX-FASE II). Ser. Cient. INACH 35: 7-30.
- LAOS G, SALVÁ A. 1989. Oceanografía Dinámica del Estrecho de Bransfield en el Verano de 1988. Informe Científico de la Segunda Expedición Peruana a la Antártida: 121-149.
- SANGRÁ P, MARTÍNEZ A. 1999. Diario de Campaña. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de La Palmas de Gran Canaria - España. Equipo científico de la campaña CIEMAR 99/00.
- SIEVERS H. 1982. Descripción de las condiciones oceanográficas físicas, como apoyo al estudio de la distribución y comportamiento del krill. Ser. Cient. INACH 28: 87-36.
- SOLDI H, LAOS G, MORÓN O, CONOPUMA C. 1988. Condiciones oceanográficas en el Estrecho de Bransfield durante el verano de 1988. Informe Científico de la Primera Expedición Peruana a la Antártida: 7-46.
- STEIN M. 1983. The distribution of water masses in the South Shetland Islands area during FIBEX. In: Proceedings of the BIOMASS Colloquium in 1982. T. Nemoto and T. Matsuda Ed. Memoirs of National Institute of Polar Research, Tokyo, Special Issue 27: 16-23.
- WILSON C, KLINKHAMMER G P, CHIN C S. 1999. Hydrography within the Central and East Basins of the Bransfield Strait, Antarctica. Journal of Physical Oceanography, 465-479.