

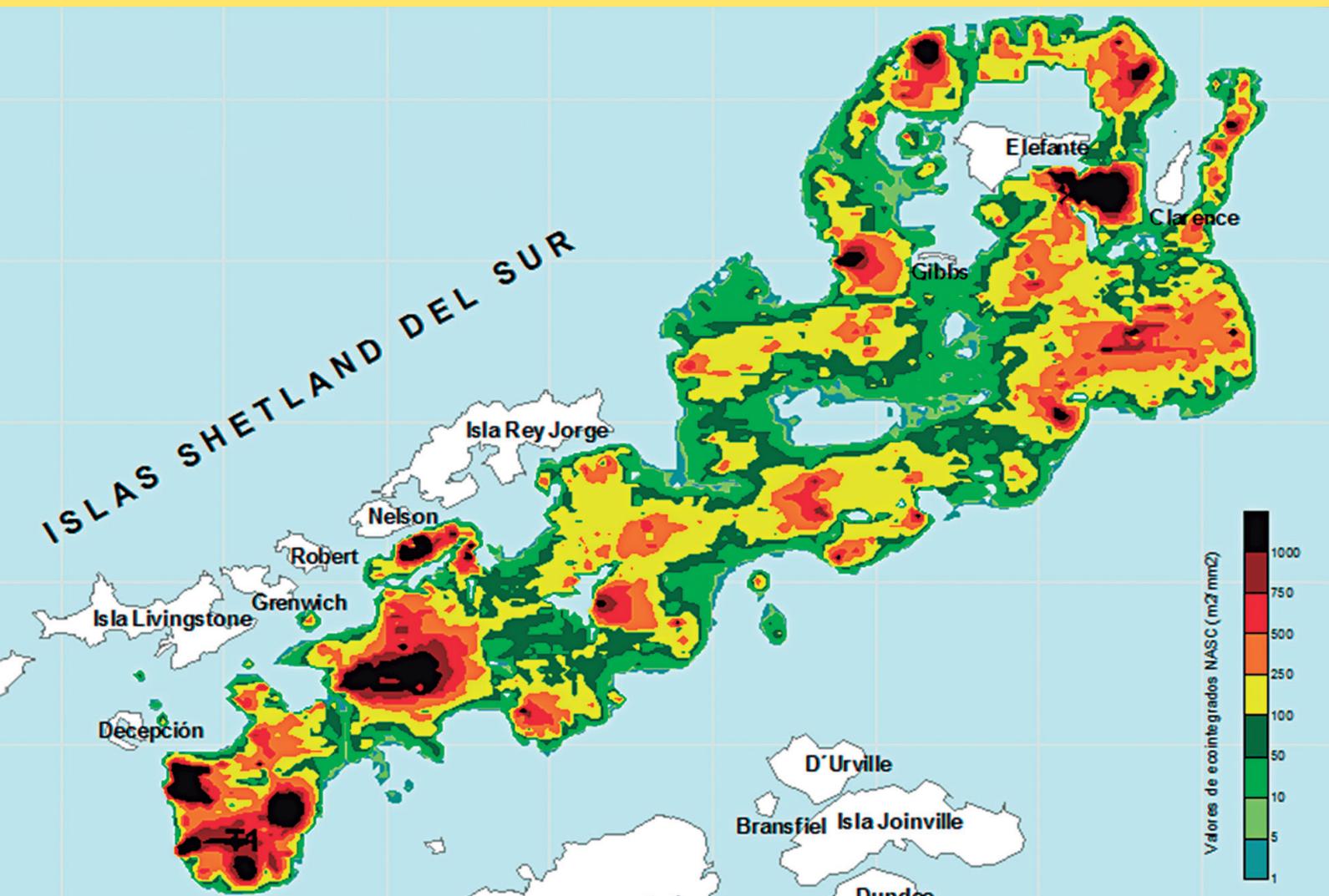


BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 31, Número 1



Enero - Junio 2016
Callao, Perú

CONDICIONES FÍSICO-OCEANOGRÁFICAS EN LA EXPEDICIÓN ANTAR XVII

PHYSICAL OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE EXPEDITION ANTAR XVII

Luis Vásquez¹

José Tenorio²

RESUMEN

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Condiciones físico-oceanográficas en la Expedición ANTAR XVII. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 105-113.*- Las condiciones físico-oceanográficas registradas son parte de un crucero de investigación de largo plazo para evaluar los cambios hidrográficos y biológicos en el estrecho de Bransfield y sus causas. Transectos oceanográficos históricos se realizan en los veranos australes de las expediciones ANTAR, ejecutados desde las islas Shetland del Sur hacia la península Antártica, con el fin de incluir a las importantes masas de agua y determinar su influencia sobre las aguas en el giro central del estrecho de Bransfield. Esta localidad mantiene características oceanográficas, donde interactúan tres tipos de aguas, las mismas que provienen de los mares de Weddell, Bellingshausen y del estrecho de Gerlache. También se caracteriza por la presencia del Frente Bransfield (FB), que desvía aguas cálidas y poco salinas de las aguas frías y salinas, las primeras fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional y las segundas ocupan la mitad meridional del estrecho. El experimento realizado en la isla Elefante, señala que la variabilidad de la capa sub-superficial mantiene una variación cíclica, ascendiendo ligeramente durante el día, descendiendo en la noche, manteniendo el ambiente con una mayor columna de agua "cálida" comparado con el día.

PALABRAS CLAVE: Frente de Bransfield, variabilidad, variación cíclica

ABSTRACT

VÁSQUEZ L, TENORIO J. 2016. *Physical oceanographic conditions in the Expedition ANTAR XVII. Bol Inst Mar Perú. 31(1): 105-113.*- Registered physical oceanographic conditions are part of a research cruise to assess long-term hydrographic and biological changes in the Bransfield Strait and its causes. Historical oceanographic transects are made in the austral summers Antar expeditions, run from the South Shetland Islands to the Antarctic Peninsula, in order to include major water bodies and determine their influence on the water in the central spin Strait Bransfield. Bransfield maintained oceanographic characteristics, where three types of water interact, the same coming from the Weddell, Bellingshausen and Gerlache Strait. It is also characterized by the presence of the Bransfield Front (FB), which deviates warm water and low salinity of cold water and salt, the first flow toward the northeast in the northern half and the second occupies the southern half of the strait. The experiment conducted on Elephant Island, indicates that the variability of the subsurface layer, maintains a cyclic variation, rising slightly during the day, dropping at night, keeping the night with a higher water column "warm" compared to day.

KEYWORDS: Bransfield Front, variability, cyclic variation

1. INTRODUCCIÓN

A bordo del buque de investigación científica BIC Humboldt se llevó a cabo el crucero de investigación ANTAR XVII dentro del marco de la décima sexta Expedición Peruana a la Antártica, desarrollado entre el 17 y 27 de enero, durante el verano austral 2007, cubriendo el área interna del estrecho de Bransfield y alrededor de la isla Elefante, con el objetivo de determinar las condiciones ambientales y establecer relaciones con las diferentes comunidades.

La estructura hidrográfica del estrecho de Bransfield fue establecida, gracias a esfuerzos previos de otros investigadores. Así como las características de la convergencia entre las aguas relativamente cálidas y

poco salinas con las aguas frías y salinas en una región denominada el Frente Bransfield (FB).

Una de las particularidades generales de las masas de agua presentes en el área de estudio, es la profundización de las mismas, dando lugar a las aguas Antártica de Fondo que se forma 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 su alta salinidad se hunde rápidamente, producto 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, mantiene una dirección predominante hacia el Este.

¹ Área de Hidrofísica Marina – IMARPE. lvasquez@imarpe.go.pe

² Ecosistemas Acuáticos – WALSH PERU

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos etapas: La primera tuvo una duración de siete días, en los que se estudiaron las condiciones bio-ambientales del estrecho de Bransfield; mientras que en la segunda, que duró tres días, se efectuó un experimento con el objetivo de analizar la variación temporal de las condiciones bio-ambientales frente a la isla Elefante.

Durante el muestreo oceanográfico se realizaron 4 secciones transversales perpendiculares a las islas Shetland del Sur (Fig. 1), ejecutándose 108 estaciones oceanográficas (96 correspondieron al crucero de evaluación y 12 al experimento de investigación), de las cuales 82 fueron estaciones superficiales y 26 hidrográficas. Se realizaron lanzamientos de CTD (marca Sea Bird Electronics) hasta los 500 m de profundidad y colecta de muestras de agua a través de lanzamientos de botellas Niskin, a profundidades estándar de 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m de profundidad.

Para el registro de Temperatura Superficial del Mar (TSM) se emplearon termómetros de superficie Richter Wiese y el sensor de temperatura FURUNO modelo T-2000 (ubicado en el casco del BIC), mientras que para las capas sub-superficiales se obtuvo la información de registros continuos del CTD, los mismos que fueron procesados con el software SBE Data Processing (propio del equipo Sea Bird).

Se analizaron también muestras de salinidad, mediante el método de inducción a través del Portasal 8410A Guildline.

La información registrada de los diferentes parámetros oceanográficos fue procesada en una hoja de cálculo

(Excel) y los resultados ploteados y graficados usando el software Surfer vs11.0, dando como producto cartas de distribuciones horizontales y verticales las que se discuten a continuación.

3. RESULTADOS

PRIMERA ETAPA: ESTRECHO DE BRANSFIELD

Distribución Superficial

Vientos y Turbulencia.- La intensidad de los vientos fluctuó entre 0,4 y 22,0 m/s, predominando vientos débiles (de intensidades menores a 8 m/s), los vientos de mayor intensidad (mayores a 15 m/s) estuvieron formando núcleos en la zona central y en el extremo Este del área evaluada (Fig. 2a). La dirección del viento, no presentó una tendencia predominante, posiblemente por la influencia de la geomorfología de la zona.

La turbulencia mostró un comportamiento similar a la intensidad del viento ya que depende directamente de esta, en general los índices de turbulencia fueron bajos ($<2500 \text{ m}^3/\text{s}^3$) exceptuando la zona central Este donde los índices de turbulencia sobrepasaron los $5500 \text{ m}^3/\text{s}^3$ (Fig. 2b).

Temperatura.- La temperatura superficial del mar fluctuó entre $-0,4$ y $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$, con promedio general para la zona evaluada de $1,24 \text{ }^\circ\text{C}$. La distribución térmica mostró un comportamiento similar al patrón térmico del estrecho, es decir, distribución de isothermas paralelas a la orientación del estrecho Bransfield (Fig. 3) y alrededor del eje central del estrecho se observó la presencia de un frente térmico asociado al Frente de Bransfield (FB) que separa aguas cálidas y poco salinas de aguas frías y salinas.

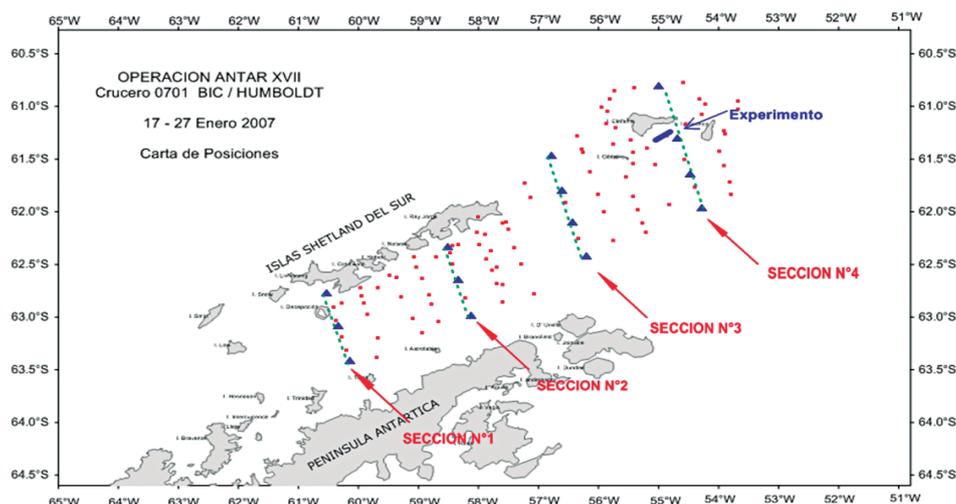


Figura 1.- Carta de posiciones. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

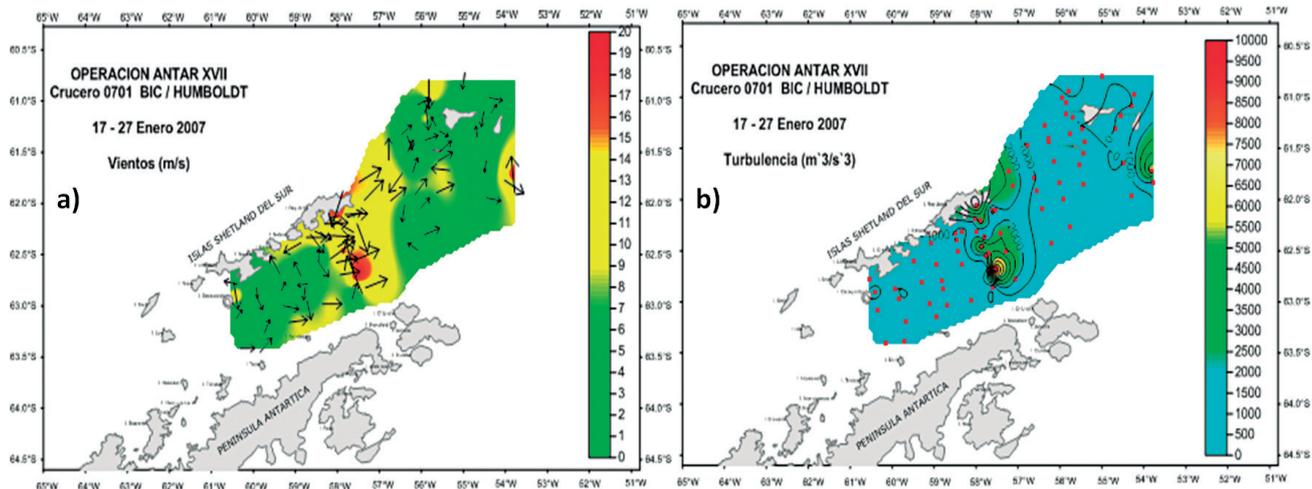


Figura 2.- Distribución superficial a) Viento (m/s) y b) Turbulencia (m³/s³). ANTAR XVII. 17-27 enero 2007

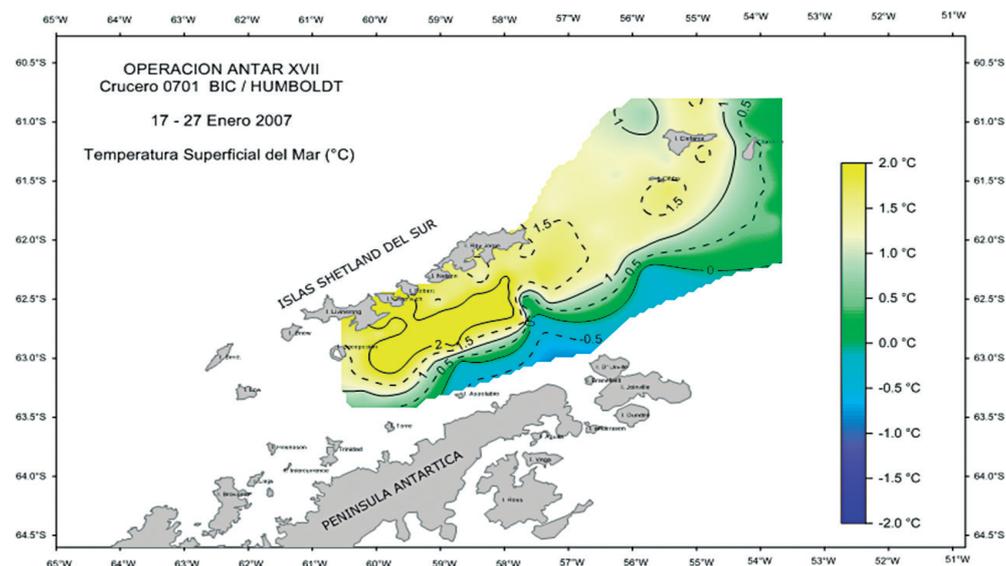


Figura 3.- Distribución de Temperatura superficial (°C). ANTAR XVII. 17-27 enero 2007

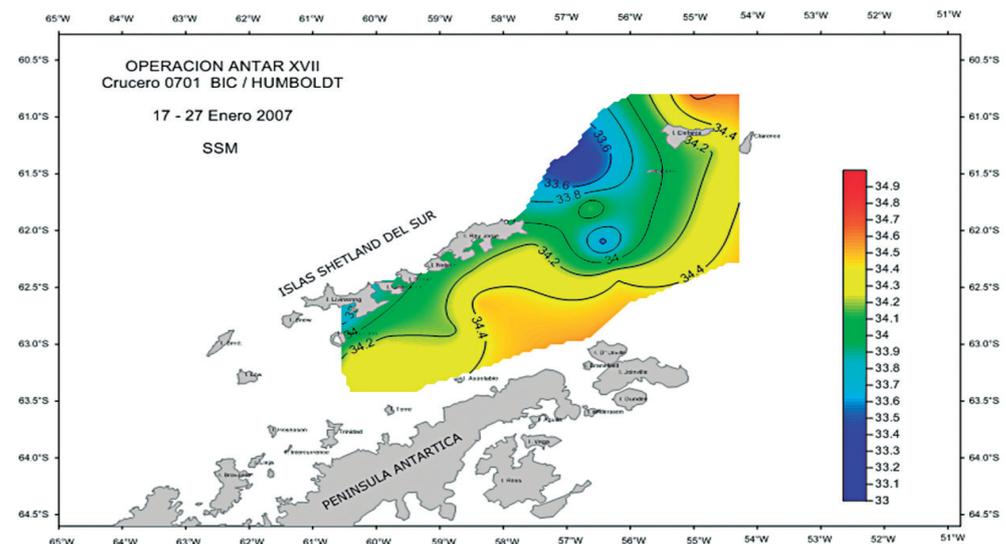


Figura 4.- Distribución de Salinidad superficial (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

Las temperaturas más bajas ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) se presentaron próximas a la península Antártica, asociadas a las aguas frías procedentes del mar de Weddell, mientras que las temperaturas superficiales más altas, estuvieron próximas a las islas Shetland del Sur, alcanzando temperaturas superiores de hasta $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, ubicadas frente a Livingston-isla Rey Jorge, debido al desplazamiento de aguas del mar de Bellingshausen por la Corriente Circumpolar Antártica.

Salinidad.- La salinidad superficial del mar presentó valores halinos entre 33,220 y 34,636 ups. La distribución de salinidad mostró un comportamiento contrario al de temperatura; las altas concentraciones de sales se relacionaron a bajas temperaturas y las más bajas concentraciones a altas temperaturas.

Las mayores concentraciones ($>34,40$ ups) se localizaron cerca de la isla D'Urville y al norte de la isla Elefante, asociadas en la primera zona a temperaturas menores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, en cambio en la segunda zona se relacionaron a temperaturas mayores a $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Las menores concentraciones se localizaron entre las islas Rey Jorge y Elefante con valores menores a 33,8 ups asociadas a temperaturas de $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 4).

Frente de Bransfield (FB).- El FB ha sido identificado y estudiado en anteriores expediciones ANTAR, ubicado en el interior y alrededor del eje del estrecho Bransfield funcionando como una barrera que separa aguas cálidas y con poca salinidad que fluyen hacia el noreste en la mitad septentrional del estrecho de Bransfield de las aguas frías y salinas que ocupan su mitad meridional (SANGRÁ et al. 1999).

La ubicación del FB también se la puede apreciar en la estructura térmica vertical en las Secciones 2 y 3 asociadas a la deflexión de las isoterma, sobre los 80 m de profundidad. Por otro lado, alrededor de la estación 5 (sobre los 30 y 70 m de profundidad) ubicada frente a la isla Rey Jorge (Sección 2), las isoterma se hunden y ascienden sugiriendo la presencia de un giro o eddy, de núcleo cálido asociado al FB. La presencia de este remolino asociado al FB, vendría a ser un importante mecanismo para la transferencia de propiedades físicas y biológicas a través del Frente (TENORIO 2006).

El FB también pudo ser observado en la Sección 3, asociado al apilamiento de las isoterma entre las estaciones 9 y 10 (Fig. 5), sin embargo no se notó el posible remolino que se observó en la Sección 2.

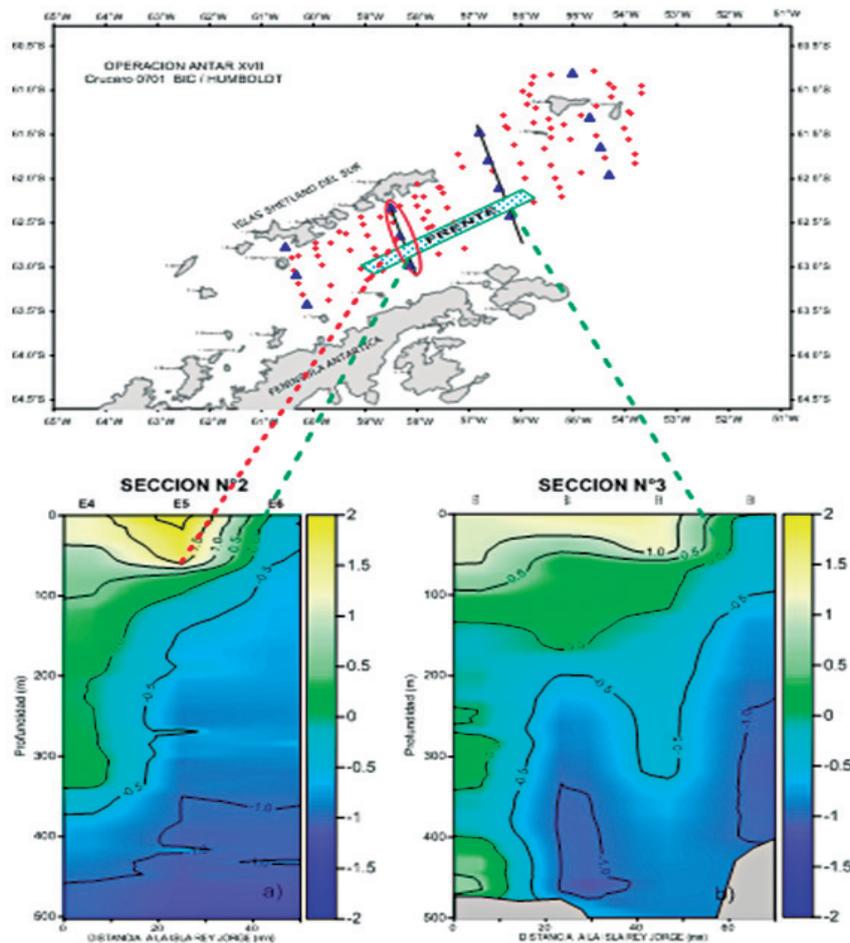


Figura 5.- Frente de Bransfield (FB), estructuras verticales perpendiculares en Bransfield. ANTAR XVII, 17–27 enero 2007

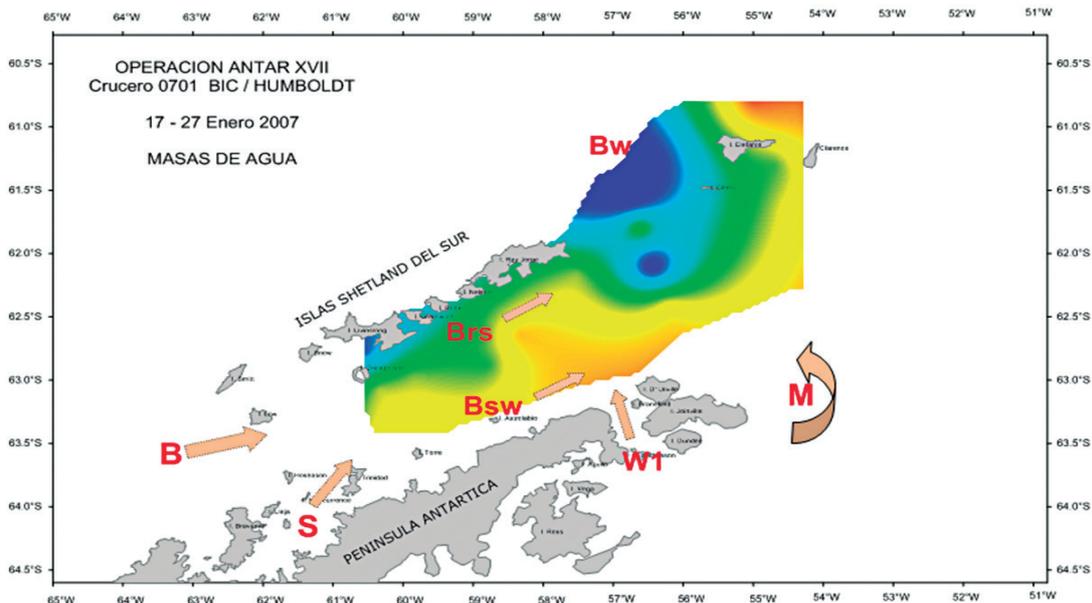


Figura 6.- Esquema de la distribución de masas de agua. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

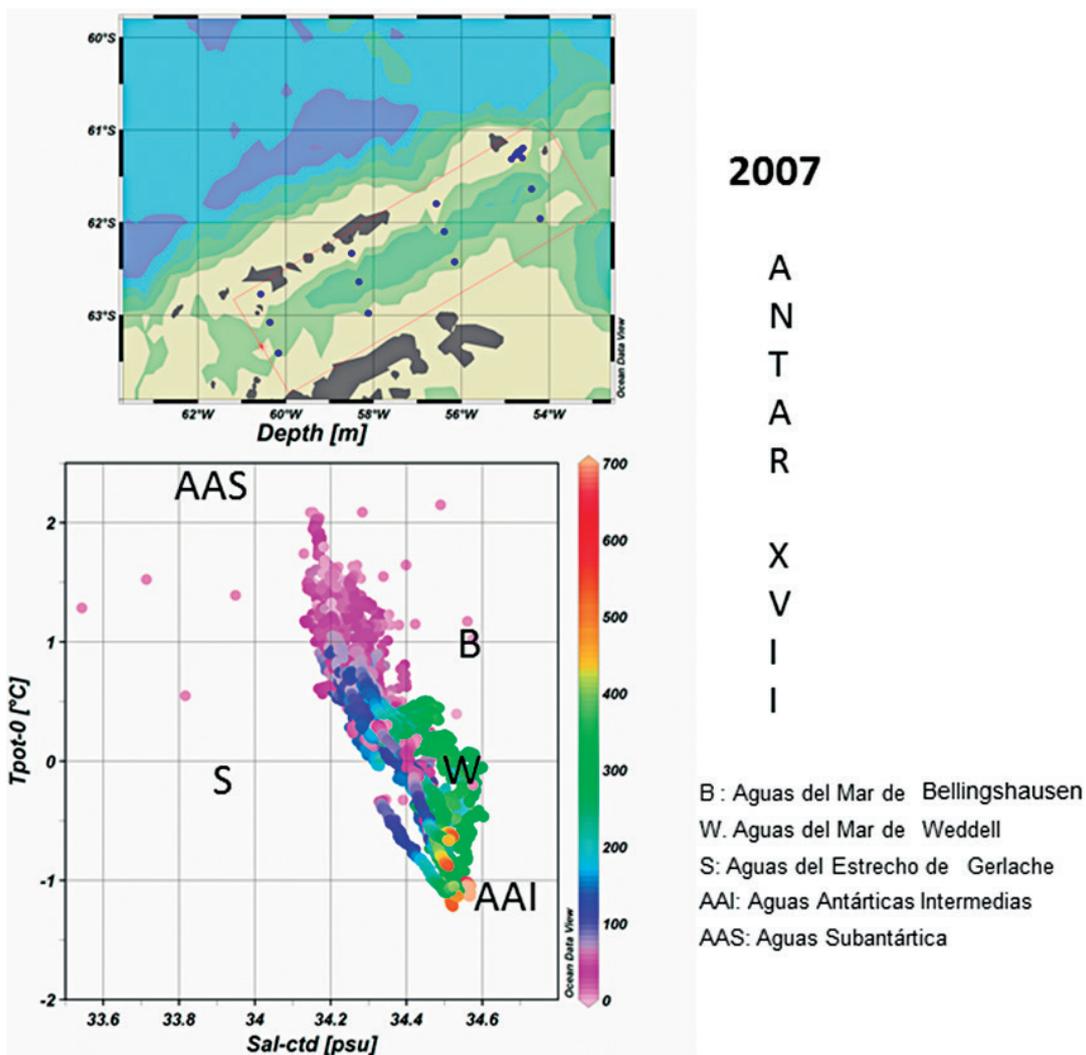


Figura 7.- Diagrama TS de masas de agua. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

Masas de agua.- En general, las aguas que ocupan el estrecho Bransfield son aguas de mezcla producto de la interacción de aguas procedentes del mar de Weddell (W) caracterizadas por temperaturas bajas (<1,0 °C) y salinidades que fluctúan entre 33,8 y 34,7 ups, del mar de Bellingshausen (B) con temperaturas de 2 °C y salinidades de 34,6 ups, y las aguas formadas en el estrecho de Gerlache (S), las que presentan altas temperaturas (>2 °C) y bajas salinidades (<33,6 ups), así como las aguas formadas *in situ* en el sector de la plataforma de la península Antártica, la distribución de las masas de agua se pueden apreciar en el esquema de masas de agua de la figura 6 (BIOMASS SCAR 1982).

La distribución termohalina mostró dos zonas con características diferentes: la zona adyacente a las islas Shetland del Sur con relativa alta temperatura y bajas concentraciones de sales asociadas a aguas procedentes del mar de Bellingshausen, y la zona ubicada mas próxima a la península Antártica que mostró aguas más frías y con mayores concentraciones de sales debido a la influencia de aguas que se forman en zonas adyacentes a la península Antártica e ingresan por el estrecho de Gerlache y mar de Weddell (Fig. 6).

En la capa sub-superficial, se puede observar la presencia de las Aguas Antárticas Intermedias (AAI) ubicadas por debajo de los 400 m (Fig. 7).

Distribución vertical

En la **Sección 1** (frente a la isla Livingston), se presenta una estratificación irregular asociada a la interacción de diferentes masas de agua, situándose en la zona norte de la Sección y sobre los 50 m de profundidad aguas de mayores temperaturas (>1,0 °C), mientras que las aguas de menores valores térmicos se ubicaron por debajo de los 400 m. Así mismo, se pudo observar que entre los 50 y 200 m, la proyección de sur a norte (península Antártica hacia las islas Shetland del Sur) de aguas con temperaturas menores a -0,5 °C, estaría asociada a aguas procedentes del estrecho de Gerlache (Fig. 8). La salinidad mostró una distribución donde los valores más bajos se encontraron en la capa superficial asociados a aguas de deshielo reciente, incrementándose las concentraciones en las capas subsuperficiales, alcanzando las máximas concentraciones alrededor de los 300 m de profundidad.

En la **Sección 2** (frente a la isla Rey Jorge), se presentó un marcado núcleo de agua cálida ubicada en la zona central de la sección, con temperatura mayor a 2 °C, lo que contribuyó a una mayor estratificación en esta zona sobre los 100 m de profundidad. Por otro lado, se observó la proyección de aguas frías

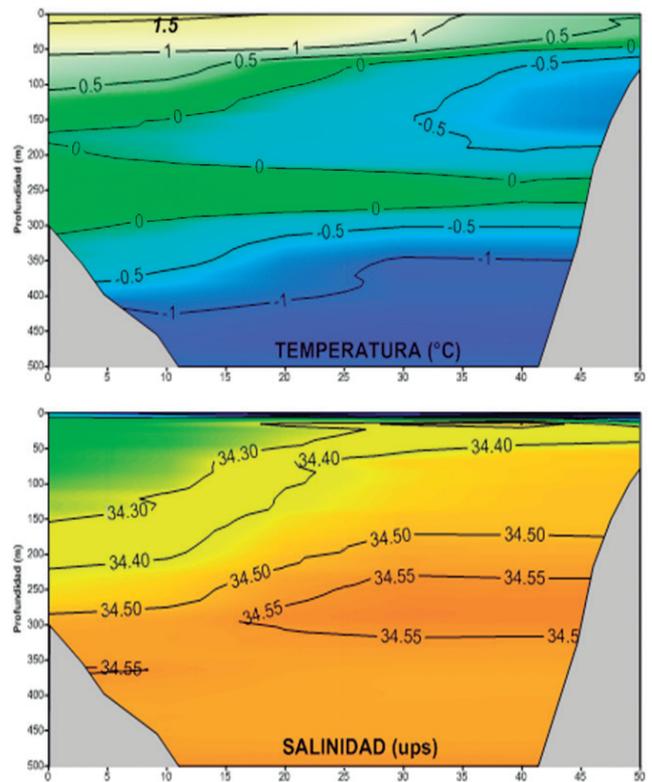


Figura 8.- Sección vertical frente a isla Livingston: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

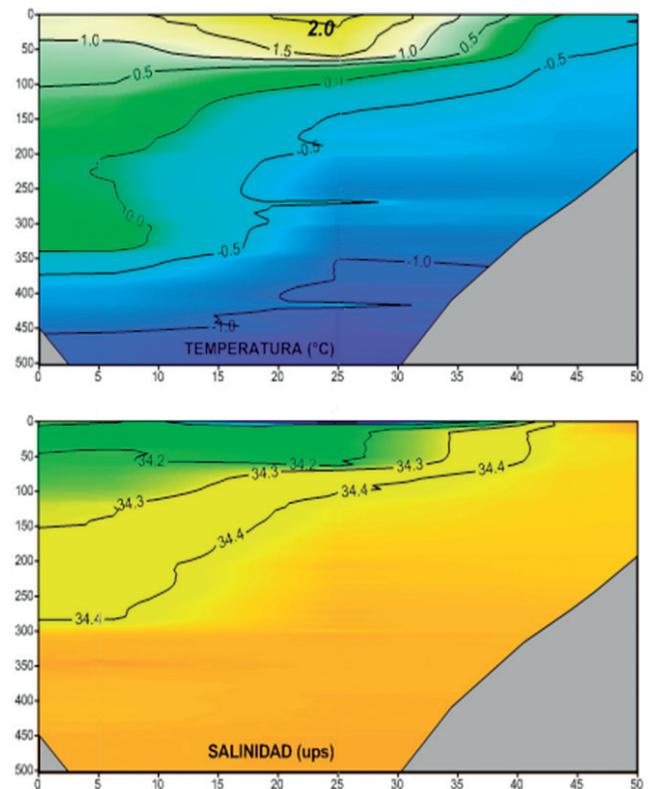


Figura 9.- Sección vertical frente a Isla Rey Jorge: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 Enero 2007

(menores a 0 °C) desde la península Antártica hacia el norte, proyección que llegó hasta la isla Rey Jorge por debajo de los 350 m de profundidad. La salinidad, presentó en la capa superficial menores concentraciones, principalmente en la zona central sumado a la zona más cálida antes mencionada, mientras que las concentraciones asociadas al agua fría que se proyectan hacia la isla Rey Jorge no presentaron cambios en sus concentraciones manteniéndose alrededor de 34,4 ups (Fig. 9); por los valores de salinidad y térmicos esta masa de agua tendría una fuerte influencia de aguas de procedencia del mar de Weddell.

La **Sección 3** (entre las islas Rey Jorge y Gibbs) presentó un comportamiento y característica similar a las secciones ya descritas, el área norte se mantuvo ligeramente más cálida respecto a la zona sur, aunque con temperaturas ligeramente más bajas. El norte y centro de esta sección presentó temperaturas mayores a 1,0 °C, con una capa de mezcla bien desarrollada sobre los 50 m de profundidad, mientras que en el sur se presentó un ambiente frío con temperaturas menores a 0,5 °C. Sin embargo, en la capa subsuperficial (por debajo de los 250 m) se observó la proyección de aguas cálidas hacia el sur que no se observó en las secciones anteriores debido a que ya no están las islas Shetland del Sur que sirven de barrera, en tanto, en el sur se mantiene la proyección de aguas frías (Fig. 10).

La salinidad presenta sobre los 50 m la mayor variación halina, encontrándose concentraciones <34,2 ups, en cambio por debajo de los 50 m la distribución es homogénea con concentraciones de sales de 34,2 a 34,4 ups.

En la **Sección 4** (frente a la isla Elefante) se observó un incremento térmico, ascendente de sur a norte y hacia la superficie. Al ser esta zona más abierta (no cuenta con la protección de las islas) los flujos se proyectan al sur más libremente, es por ello que en esta sección se observó un mayor volumen de agua relativamente cálida principalmente en las capas subsuperficiales, sin embargo las concentraciones de sales indican mayor mezcla lo que a su vez contribuyó a presentar una estructura casi homogénea respecto a la distribución de sales. Por otro lado, la proyección de las aguas frías procedentes del mar de Weddell solo va hasta el centro de la sección en contra posición de las otras secciones. Como ya se mencionó, la salinidad mostró pocos cambios en su distribución vertical con excepción de una pequeña área frente a la isla Elefante donde se encontraron las menores concentraciones, en general los valores fluctuaron de 34,20 a 34,50 ups (Fig. 11).

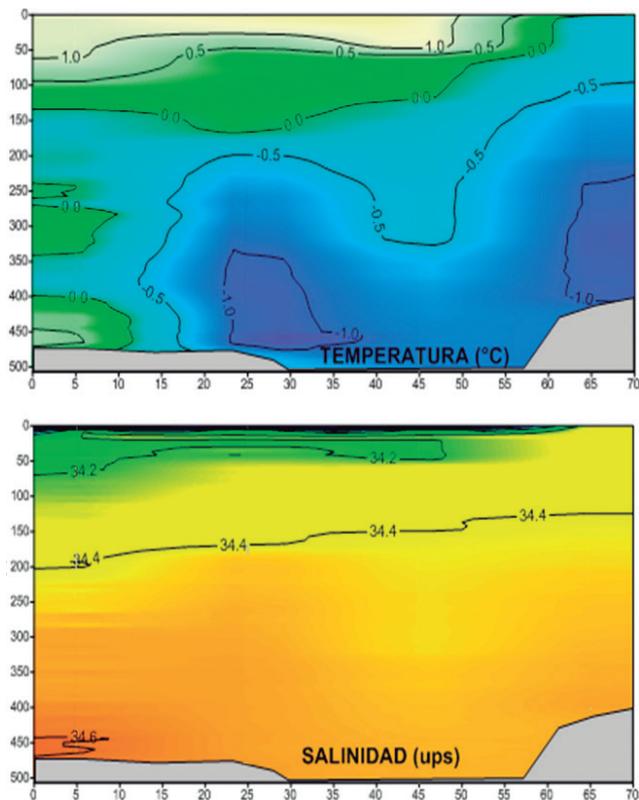


Figura 10.- Sección vertical frente a Isla Gibbs: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

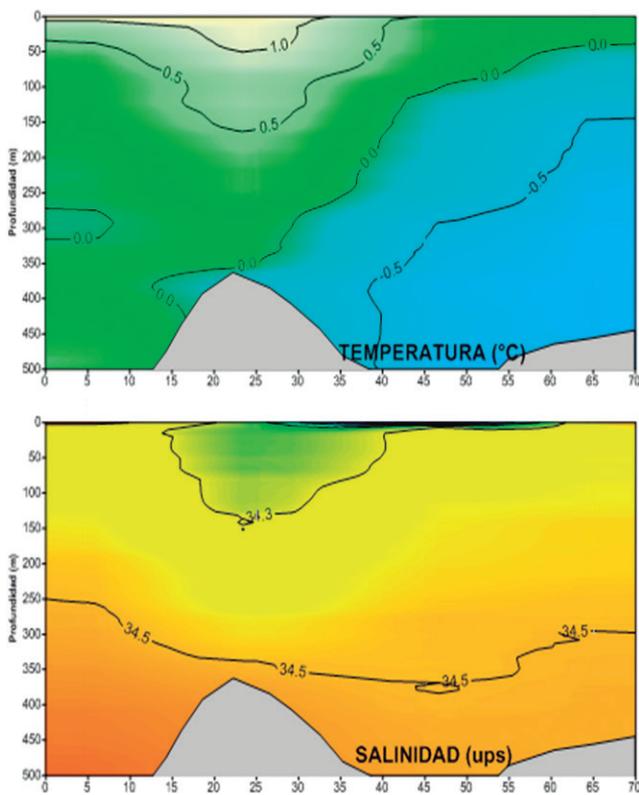


Figura 11.- Sección vertical frente a Isla Elefante: a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups). ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

SEGUNDA ETAPA: EXPERIMENTO ISLA ELEFANTE

Las series temporales mostraron cambios en la distribución termohalina principalmente en la capa superficial. En la estructura térmica se observó el día 24/01/2007 un incremento térmico entre las 10:00 y 16:00 horas que pudo estar asociado a las horas de mayor incidencia solar, para luego descender a temperaturas ligeramente mayores a 1 °C, manteniéndose hasta las 10:00 horas del día 25, donde se volvió a incrementar la temperatura, sin embargo estas temperaturas se mantuvieron hasta el final del experimento, lo que hace suponer que el incremento no solo se debe a la radiación solar, sino también a un desplazamiento de una masa de agua ligeramente más cálida a la zona.

A pesar del corto periodo de observación (72 horas), siguiendo el comportamiento de la isoterma de 0,4 °C

ubicada entre los 100 y 200 m de profundidad, se pudo observar la variabilidad en la capa subsuperficial, que al parecer es cíclica e inversa a lo que ocurre en la superficie, ascendiendo durante el día y descendiendo en horas de la noche, lo que indicaría que en horas de la noche, se tendría una mayor columna de agua “cálida” respecto al día. También resalta un aumento térmico por debajo de los 250 m de profundidad el día 26 (Fig. 12).

La estructura termo-halina mostró los principales cambios en la capa de 0 a 100 m de profundidad, por debajo de esta capa la distribución fue homogénea. En general, las menores concentraciones de sales se presentaron en los periodos de mayor temperatura, esto se debería a una mayor contribución de los deshielos y a la mayor incidencia de agua cálida que ingresa entre las islas Rey Jorge y Elefante (Fig. 4).

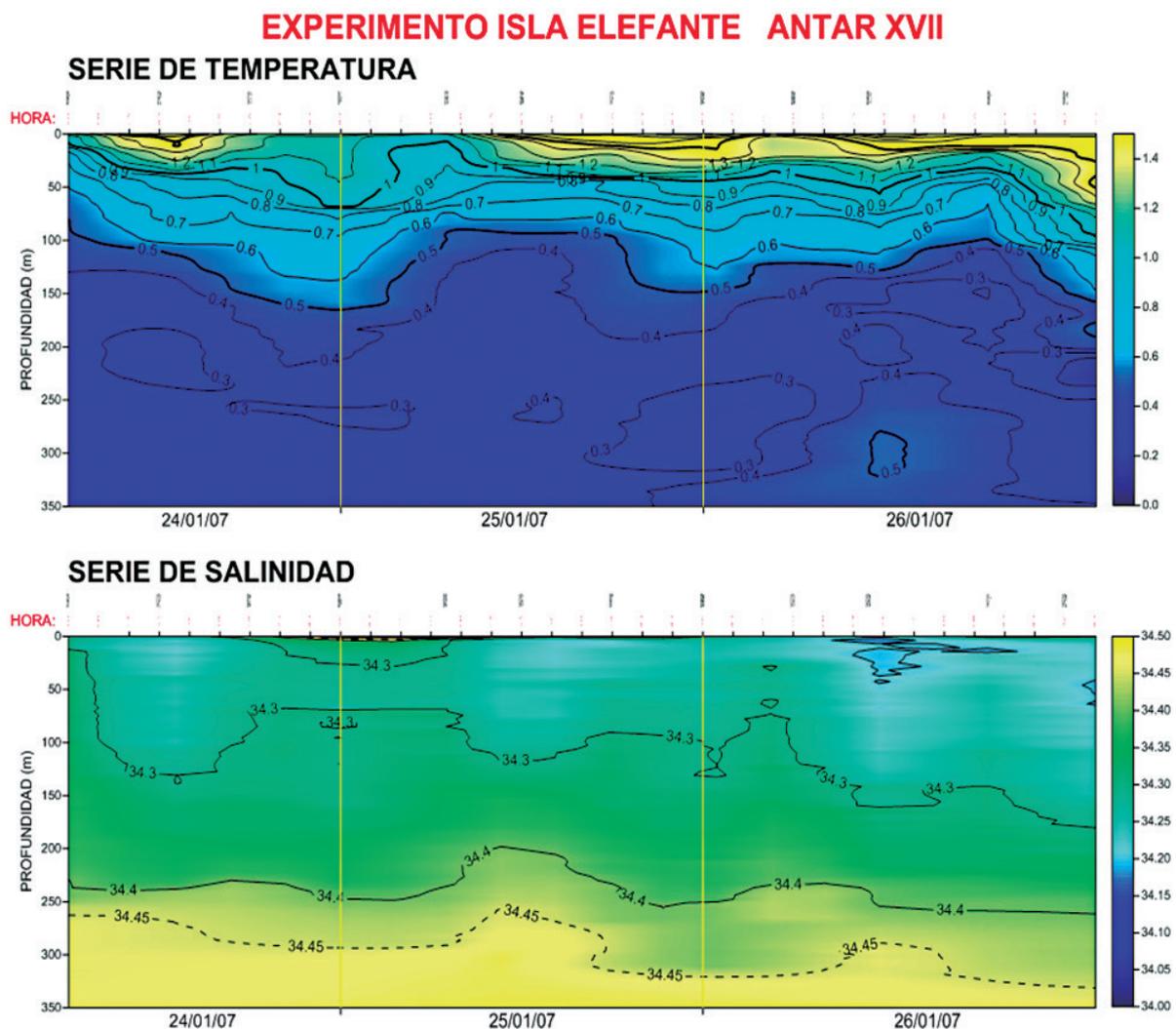


Figura 12.- Serie de tiempo de la distribución termo-halina, frente a isla Elefante. ANTAR XVII, 17-27 enero 2007

4. DISCUSIÓN

La distribución térmica y halina en el muestreo del verano 2007 (ANTAR XVII) en promedio, mantuvo características típicas de la zona estudio, con aguas frías y más salinas al sur del estrecho Bransfield, que debido a sus bajas temperaturas estas aguas se profundizan rápidamente quedando en las capas superficiales mayores concentraciones de sales; en tanto que, al norte se localizan aguas más cálidas y con relativos bajos tenores de salinidad, las que son transportadas por la Corriente Circumpolar Antártica a través del mar de Bellingshausen. La convergencia de estas aguas con características termohalinas diferentes contribuye a la formación del Frente Bransfield (FB), que se ubica alrededor de su eje, sin embargo, la ubicación del FB depende de las condiciones globales como lo sugieren VAN LOON y SHEA (1985) quienes encontraron una relación inversa entre las anomalías estacionales de presión al nivel del mar en las latitudes polares y ENOS con desfase negativo de un año. Por su parte, WHITE y PETERSON (1996) sugirieron una relación entre la variabilidad de la corriente circumpolar antártica y ENOS.

No se pudo determinar una tendencia predominante de los vientos en el área de estudio, pero otros autores indican que los vientos soplan principalmente del nor-noeste (N-NW) generando una corriente litoral que fluye hacia el sur a lo largo del oeste de la península Antártica (HOFMANN et al. 1996). Esta corriente, sumada al flujo hacia el norte de la corriente circumpolar antártica, produce una circulación oceánica generalmente en el sentido de las agujas del reloj en el estrecho de Bransfield (DINNIMAN y KLINCK 2004, DUCKLOW et al. 2007) en la que predominan las corrientes del estrecho de Gerlache y del estrecho de Bransfield (ZHOU et al. 2006).

En la figura 12, se muestra la distribución térmica y halina de operaciones retrospectivas en la Antártida, donde se puede ver los cambios de un año a otro, manteniéndose siempre la zona más fría al sur y la más cálida al norte, variando estas zonas en amplitud de acuerdo a la condición ambiental dominante.

También, se observaron frentes termo-halinos de menor importancia que el FB, como resultados de la interacción de las diferentes masas de agua, procedentes del paso Drake, de los mares Weddell y Roos y del estrecho de Gerlache por lo cual dentro del estrecho Bransfield se presentan grandes procesos de mezcla.

La región antártica juega un rol importante en la formación de las masas de agua, estas dependen de las condiciones climáticas, características geográficas, topográficas y de hidrodinámica de la zona.

5. CONCLUSIONES

El área evaluada se caracterizó por presentar dos zonas diferentes, una ubicada al norte próxima a la isla Rey Jorge donde se presentaron las temperaturas más altas y salinidades más bajas y, la otra al sur próxima a la península Antártica con temperaturas bajas y salinidades relativamente altas.

El sentido de mezcla inferido de los diagramas T - S coincide con lo encontrado en estudios anteriores y en los reportes del Biomass Series 30 y 31.

Del experimento se concluye que toda la columna presenta cambios en el tiempo, pudiendo ser cíclica en la capa subsuperficial casi en forma contraria a lo que ocurre en la capa superficial.

6. 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.
- DINNIMAN M S, KLINCK J M. 2004. A model study of circulation and cross-shelf exchange on the west Antarctic Peninsula continental shelf. *Deep-Sea Research II* 51: 2003–22.
- DUCKLOW H W, BAKER K, MARTINSON D G, QUETIN L G, ROSS R M, SMITH R C, STAMMERJOHN S E, VERNET M, FRASER W. 2007. Marine pelagic ecosystems: the West Antarctic Peninsula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362: 67–94. [doi:10.1098/rstb.2006.1955]
- HOFMANN E E, KLINCK J M, LASCARA C M, SMITH D A. 1996. Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula and including Bransfield Strait. En Ross R M, Hofmann E E, Quetin L B. (eds) *Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula*. Antarctic Research Series 70: 61-80.
- SANGRÁ PABLO A M. 1999. Diario de Campaña, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, ubicación Web.
- TENORIO J. 2006. Condiciones Físicas oceanográficas en la Expedición ANTAR XVI. Proyecto COPEPOD I. Informe interno Instituto del Mar del Perú. Pp: 1-10.
- VAN LOON H, SHEA D J. 1985. The Southern Oscillation. Part IV: The precursors south of 15S to the extremes of the oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 113, 2063–2074.
- WHITE W B, PETERSON R. 1996. An Antarctic Circumpolar Wave in surface pressure, wind, temperature, and sea ice extent. *Nature*, 380, 699-702.
- ZHOU M, NILLER P P, ZHU Y, DORLAND R D. 2006. The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Research I* 53:1244–52.