

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFÍA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



**Caracterización oceanográfica de plumas de sedimentos
glaciares en pequeñas bahías y fiordos de la costa de Danco,
península Antártica**

Tesis para optar al título de Oceanógrafo

Por

Andrés Alberto Varas Gómez

Valparaíso

2015

Comisión de tesis:

Profesor guía : Dr. Cristian Rodrigo Ramírez _____

Profesor : M. Sc. Sergio Salinas Marchant _____

Profesor : Dr. Eduardo Quiroga Jamett _____

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar esta tesis como último requisito para la obtención del título de oceanógrafo, autorizo a la biblioteca de la Escuela Ciencias del Mar de la Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de esta tesis solo con fines académicos.

Andrés Alberto Varas Gómez

“Regala un pescado a un
hombre y le darás alimento
para un día, enséñale a pescar
y lo alimentarás para el resto
de su vida”

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del proyecto Fondecyt N° 11121522, titulado “*Seismic variability and sedimentation processes in small bays and fjords of the Danco Coast, Antarctic Peninsula*”.

Quisiera agradecer especialmente a mi profesor guía, Cristián Rodrigo, por su continuo apoyo en la realización de este trabajo y por la confianza que depositó en mí, incluso antes de conocerme personalmente, dándome la oportunidad de realizar mi práctica en el Instituto Antártico Chileno y luego entregándome la posibilidad de participar en este proyecto.

A los profesores Eduardo Quiroga y Sergio Salinas, por el interés que han demostrado por este trabajo, sus comentarios y sugerencias han sido de vital importancia para la realización y culminación de esta tesis.

A todos los profesores de la carrera de Oceanografía por la enseñanza entregada.

Quiero agradecer a mi madre Margot y a mi tía Sandra, quienes fueron los pilares fundamentales de mi llegada a la universidad, al darme la oportunidad de obtener esta formación profesional, considerando los enormes sacrificios que esto implica. También quisiera agradecer a mi tía Haydeé, a mi prima Verónica y a mi primo Carlos que siempre me ayudaron en lo que necesitaba.

A Andrea Rojas por su constante apoyo, y por ser una de las mujeres más importantes en mi vida, por su amor, por su paciencia, gracias.

A mis compañeros de carrera, compañeros de laboratorio y amigos, en especial a Darleen Riveros, Kevin Coloma, Paula Muñoz, Hans González, Alejandro Febre y Emilio Mena con quienes compartí gratos momentos y experiencias de vida.

Y finalmente al Colegio de Árbitros de Viña del Mar, en especial a su profesor Freddy Valencia y a mis compañeros y amigos; Iván Cárdenas, Manuel Bravo y Juan Pablo Rojas con los cuales viví experiencias únicas en la vida.

ÍNDICE

Portada de presentación	
Comisión de tesis	i
Autorización de uso	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Resumen	vi
Abstract	vii
INTRODUCCIÓN	1
Marco climático	2
Marco oceanográfico	5
Marco oceanográfico en ambientes glaciomarineros	8
Definición del problema	11
OBJETIVOS e HIPÓTESIS	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Localización del área de estudio	13
Campañas oceanográficas	13
Procesamiento	14
Análisis de la información	15
RESULTADOS	16
Campaña antártica 2013	16
Campaña antártica 2014	22
Campaña antártica 2015	25
DISCUSIÓN	32
Las plumas de sedimentos y su asociación con las variables oceanográficas y la influencia glaciaria	32
Clasificación de las bahías y fiordos según las características de las plumas de sedimentos	35
Validación de la hipótesis	36
CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS	38
FIGURAS	46
ANEXOS	120

RESUMEN

En las Expediciones Científicas Antárticas N° 49 (febrero 2013) y N° 50 (febrero 2014) del Instituto Antártico Chileno (INACH), y durante la Primera Expedición de Colombia a la Antártica (enero-febrero 2015) se llevó a cabo mediciones de temperatura, salinidad, y turbidez, con un CTD-T SBE 19 Plus V2 y un SBE 25, con sensores de turbidez ECO NTU, los cuales fueron llevados hasta una profundidad de 100 m en aguas interiores de pequeñas bahías y fiordos del lado oeste de la península Antártica, específicamente entre la bahía Guesalaga (Curtiss Bay) en los 64° S y bahía Paraíso (Paradise Harbour) en los 65° S, zona conocida como la costa de Danco. Posteriormente, se elaboraron secciones oceanográficas con las variables medidas y se analizó su relación con los glaciares del área. Luego, se realizó un análisis comparativo con el estado de la marea y las masas de aguas características de la zona. Todo lo anterior con el fin de comprender algunos elementos del ambiente glaciomarino y procesos asociados a la costa de Danco y, de esta forma, se pretende entregar pistas para la comprensión de la evolución climática y oceanográfica de la península Antártica. Uno de los procesos fundamentales de los ambientes glaciomarinos, es la generación de plumas de sedimentos que provienen de los glaciares, donde un incremento en la concentración de partículas podría indicar un incremento en el derretimiento de los glaciares.

En este trabajo se identificaron tres distintas capas de agua en la zona proximal al glaciar: i) una capa superficial compuesta por aguas frías y relativamente claras, ii) una capa relativamente cálida y salobre a nivel subsuperficial que ingresa a la bahía o fiordo, desde el estrecho de Gerlache, y iii) una capa turbia y fría en profundidades intermedias originada a partir de la descarga glacial. Además, se identificó que las variaciones en el nivel de la marea (llenante o vaciante) es un factor que influye en las características de la descarga de agua que proviene del glaciar.

Los resultados fueron consistentes con el modelo de Domack e Ishman (1993) para la misma zona de estudio, presentando características similares con respecto a la distribución de las plumas de sedimentos en la vertical, donde se sostiene que tales plumas son producto del derretimiento glacial. Además se encontró, que las bahías más sencillas (que tienen un solo glaciar) presentaron plumas mejor definidas que aquellas más complejas (más de un glaciar). Finalmente, se considera que la contribución de sedimentos desde estas pequeñas bahías podría jugar un rol importante en los procesos sedimentarios regionales.

ABSTRACT

In the Antarctic Scientific Expedition No. 49 (February 2013) and No. 50 (February 2014) of the Chilean Antarctic Institute (INACH), and during the first expedition to Antarctica of Colombia (January-February 2015) measurements of temperature, salinity, and turbidity was carried out with a CTD SBE 19-T Plus V2 and SBE 25 with ECO NTU turbidity sensors, which they were lowered to a depth of 100 m in small bays and fjords on the west side of the Antarctic Peninsula, specifically between Guesalaga Bay (Curtiss Bay) at 64° S and Paraiso Bay (Paradise Harbour) at 65° S, an area known as the Danco Coast. Subsequently, oceanographic measured variables sections were prepared and their relationships with proximity to the glaciers in the area were analyzed. Then, a comparative analysis of the state of the tide with the water bodies characteristics of the area were performed. All this in order to understand some elements of the glaciomarine environment and their associated processes in the Danco Coast, and thus to provide clues to understand the climatic and oceanographic evolution of the Antarctic Peninsula. One of the fundamental process of the glaciomarine environments, is the generation of sediments plumes originating from glaciers, where an increase in the concentration of particles may indicate an increase in the melting of glaciers.

In this work three different layers of water were identified in the area near the glacier: i) a surface layer composed of relatively cold water and clear, ii) a layer relatively warm and salty at subsurface level entering the bay or fjord, from the Straits of Gerlache, and iii) a turbid and colder layer at intermediate depths originated from glacial unloading. In addition, it was identified that variations in the level of the tide (ebb tide or flood tide) is a factor which influences the characteristics of the discharge of water from the glacier.

The results were consistent with the model Domack & Ishman (1993) for the same study area, presenting similar characteristics with respect to the distribution of sediments plumes in the vertical, where it is argued that such feathers are the result of glacial melting. It was also found that the simplest bays (having one glacier) had a better defined than the more complex pen (more than a glacier). Finally, it is considered that the contribution of sediments from these small bays could play an important role in regional sedimentary processes

INTRODUCCIÓN

La Antártica es una conexión natural con el resto del mundo en términos de clima, circulación marina y consumo de carbono, entre otros, y en este momento experimenta varios cambios ambientales (*e.g.* Gutt *et al.*, 2011; Masson y Strammerjohn, 2010; Mayewski *et al.*, 2009; Rignot *et al.*, 2004; Turner *et al.*, 2005). La península Antártica que corresponde a una de las áreas más dinámicas y sensibles de la Antártica, está sufriendo las consecuencias de dichos cambios, donde uno de los más importantes, corresponde al retroceso de los glaciares por el rápido calentamiento atmosférico de las últimas décadas (Cook *et al.*, 2005).

Se espera que las evidencias de los cambios ambientales recientes sean más notorias en la región de la costa de Danco en la península Antártica, dado que es considerada como un gradiente climático entre un área de transición subpolar a polar (Anderson & Domack, 1991). Además, el escenario que muestra el ambiente costero marino alrededor de la región es muy sensible a ciertos contrastes estacionales, como temperatura y precipitaciones. Por lo cual, el entendimiento de la hidrografía glaciomarina y la sedimentación en la zona proximal a las bahías y fiordos antárticos, se hace óptimo para identificar la variabilidad de las fluctuaciones climáticas regionales (Khim *et al.*, 2007).

Un elemento de la sedimentación costera marina es la generación de plumas de sedimentos que provienen de los glaciares, donde un incremento en la concentración de partículas podría indicar un incremento en el derretimiento de los glaciares (Domack & Williams, 1990; Domack *et al.*, 1994; Yoo *et al.*, 2014). Sin embargo, no existen muchos estudios avanzados sobre el tema en la región, debido a las barreras logísticas y naturales que involucra la zona. Adicionalmente, el sistema glaciomarino es complejo debido a la gran diversidad de procesos físicos y sedimentarios que introducen y redistribuyen componentes del sedimento en el ambiente (*e.g.* DaSilva *et al.*, 1997; Domack & Ishman, 1993). Consecuentemente, para el análisis simple del ambiente, se realizaron mediciones de temperatura, salinidad y turbidez, en 11 pequeñas bahías y fiordos con similar geometría y drenaje glacial. De manera adicional, se realizó un análisis comparativo con el estado de la marea y las masas de aguas características encontradas en la zona, con la finalidad de evaluar la contribución de sedimentos, mejorar el entendimiento del sistema glaciomarino costero y encontrar alguna señal de expansión térmica desde el área sub-polar.

Marco Climático

Estudios recientes que analizan la circulación y la variabilidad climática experimentada en las últimas décadas, sitúan a la península Antártica como una región de mayor sensibilidad a los procesos de escala global. En función de lo anterior, la literatura expone fenómenos que se pueden asociar a la variabilidad climática regional recurrente y se reconocen al menos 3 tipos que tienen influencia en la Antártica: ENSO (El niño Oscilación del Sur), AOO (Oscilación Antártica) o también llamada SAM (Modo Anular del Sur), y ASL (*Amudsen Sea Low*) (Fernandoy *et al.*, 2010).

El Niño Oscilación del Sur (ENSO)

El fenómeno del Niño o mejor conocido como ENSO, se presenta de manera significativa en los procesos antárticos (Turner *et al.*, 2005), por lo cual, su comprensión resulta fundamental para determinar la variabilidad climática en la península Antártica. El fenómeno en sí, corresponde a una variación climática natural recurrente en el Pacífico tropical con alteraciones oceánicas y atmosféricas, en una escala entre 3 a 7 años. Las características principales radican en el debilitamiento de la intensidad de los vientos alisios que provienen desde el este, lo cual conlleva que aguas cálidas ($> 28^{\circ} \text{C}$) que antes eran empujadas hacia el sector costero, logren extenderse en dirección opuesta. El evento de La Niña se considera el proceso contrario.

Las implicancias de ENSO en la Antártica son variadas, entre las más importantes destacan: anomalías estacionales de presión al nivel del mar en las latitudes polares (Van Loon & Shea, 1985), concentración de hielo marino que rodea la Antártica (Carleton, 1988), variabilidad de la Corriente Circumpolar Antártica (White & Peterson, 1996), anomalías frías de la temperatura e incremento de los vientos superficiales descendentes en el Polo Sur (Savage *et al.*, 1988).

Oscilación Antártica (AOO)

La Oscilación Antártica o también conocida como AOO, corresponde a otro de los fenómenos que influencia de manera significativa los procesos antárticos, dominando la variabilidad del océano Austral y, a su vez, influenciando la temperatura superficial del mar, circulación y la extensión del hielo marino (Lefebvre & Goose, 2005). El fenómeno en sí se constituye de un patrón anual de variación entre altas y bajas presiones. Cuando la fase de AOO es positiva, el cinturón de vientos se desplaza hacia el sur, o lo que es análogo a decir, que se contrae hacia la Antártica, como resultado, la intensidad de los vientos aumenta en la región. Con respecto al campo de presión, se asocia anomalías negativas en la Antártica. Por otra parte, cuando la fase de AOO es negativa, el cinturón de vientos se expande hacia el norte, es decir fuera de la Antártica, como resultado los vientos oestes son más débiles y en el campo de presión se observan anomalías positivas sobre la Antártica.

Amundsen Sea Low (ASL)

Se puede esperar que el fenómeno conocido como *Amundsen Sea Low* (ASL) sea de carácter local, dado que se da en una región en particular de la Antártica del mismo nombre (mar de Amundsen). Sin embargo, este fenómeno juega un rol importante en la variabilidad climática observada en toda la región, debido a que proporciona un 40% del flujo de humedad a todo el continente antártico, aporta aire cálido y húmedo a la región del mar de Amundsen y afecta la variabilidad de las extensiones de hielo de manera significativa en la región (Kreutz *et al.*, 2000).

El fenómeno en sí corresponde a un sistema de baja presión, que consiste en células que se forman al este del mar de Amundsen. En este sector, la variabilidad de la presión a nivel del mar es mayor que en cualquier otra parte del hemisferio sur, por lo que es difícil aislar las fluctuaciones locales de ASL.

Temperatura media anual en la península Antártica

En la zona oeste de la península Antártica, la temperatura media anual del aire ha tenido un aumento de 3.4° C, mientras que la temperatura media de invierno se ha visto incrementada en 6.0° C, todo esto en los últimos 50 años, reafirmando que esta región es de alta sensibilidad climática, y a la vez es considerada, como un “*hotspots*” en cuanto a la variabilidad térmica (Bockheim, 2013; Turner *et al.*, 2005).

Los cambios mínimos de temperatura según Bockheim (1995) deberían registrarse a lo largo de la península Antártica hasta los 68° S, incluyendo las islas Shetland del Sur, mientras que la mayor variabilidad térmica debería limitarse hasta las elevaciones más altas de las islas sub antárticas. Sin embargo, lo anterior fue elaborado en base a estudios sobre las isotermas de temperatura media anual del aire de mediados de 1960, antes del calentamiento acelerado que ha sufrido la zona en las últimas décadas. La data antigua sugiere que las isotermas de temperatura media anual del aire se encuentran más comprimidas en latitudes equivalentes y son de 3 a 5° C más cálidas en el oeste que en el este de la península Antártica (Fig. 1A). Mientras que la data más reciente (Morris & Vaughan, 2003), indica que las isotermas de temperatura media anual del aire registran temperaturas más cálidas tanto en el oeste como en el este de la península Antártica (Fig. 1B), siendo la zona de los 62° a 68° S en la que se registra un mayor calentamiento en las últimas décadas.

Este aumento de temperatura tiene directa relación con los cambios en la Corriente Circumpolar Antártica, los que a su vez, provocan una disminución de un 40% en la cobertura de hielo marino en el mar de Bellingshausen y una posterior desintegración de las plataformas de hielo a lo largo de la península Antártica oriental (Bockheim, 2013 *fide* Cook & Vaughan, 2010).

Hielo marino estacional

El continente Antártico y, en especial, la península Antártica, se caracteriza por la presencia de hielo marino estacional, el cual en condiciones normales se retira conforme avanza la primavera y verano desde el norte y hacia el sur, y vuelve a formarse cuando llega el otoño e invierno, pero este retroceso y avance se ha visto perturbado en las últimas décadas (Garibotti *et al.*, 2005). Ciertos parámetros como el estrés del viento y la temperatura del aire, han tenido una directa implicancia en la presencia de hielo marino estacional, donde el efecto térmico se acentúa en otoño e invierno debido a diferencias de temperaturas asociadas a fenómenos de oscilación climáticos globales (ENSO, La Niña, AOO y ASL entre los más frecuentes), lo que en definitiva significa inviernos y otoños cada vez más cálidos (Lefebvre & Goosse, 2005).

La formación inicial de hielo y su expansión, son procesos glaciares, que a su vez, influyen en la propiedades del agua de mar y en la formación de aguas profundas (Talley *et al.*, 2011), así como el verano austral donde los aportes del deshielo aumentan y eso influye en las propiedades del agua superficial (García *et al.*, 2002), dichos cambios, posiblemente, sean más fáciles de identificar en ambientes semi-cerrados, como en fiordos y bahías, donde la variabilidad climática no sea tan drástica.

Marco oceanográfico de la región

Masas de Agua

La hidrografía del estrecho de Gerlache ha sido poco discutida en la literatura. Sin embargo, como primera aproximación, puede ser entendido como una extensión en dirección oeste del estrecho de Bransfield, limitado por un rango de profundidades cercanas a los 350 m y por la existencia de “*sills*” en el extremo oeste. Con respecto a la estructura en la columna de agua, se presume que no debería estar presente el Agua Profunda del Bransfield (BDW) debido a la profundidad por la cual este cuerpo de agua se desplaza. La típica columna de agua del estrecho de Gerlache consiste en una capa superficial compuesta por Aguas Transicionales Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW) y por una capa profunda (alcanzando el fondo) llamada Aguas Transicionales Zonal con Influencia del Mar de Weddell (TWW). Esta última es condicionada por intrusiones del Agua Circumpolar Profunda (CDW) la cual podría esperarse que penetre desde el oeste. Además se espera que TBW posea aguas más frías y dulces que el estrecho de Bransfield, debido a la influencia de agua dulce que ingresa desde los glaciares locales (García *et al.*, 2002).

De manera ocasional, en el sector suroeste del estrecho de Gerlache, son detectadas propiedades características del Agua Superficial Antártica (AASW), sin embargo, esta posee menor salinidad que su análoga situada en el este del mar de Bellingshausen. Este cuerpo de agua frío es originado alrededor de toda la Antártica en principios de invierno, extendiéndose típicamente bajo los 200 m, situando su núcleo a una temperatura subsuperficial ($< 0^{\circ} \text{C}$) en medio de una fuerte haloclina. Bajo la capa de AASW, dos sistemas de capas de CDW ocupan la columna de agua. La diferencia en las propiedades físicas entre ambos núcleos de CDW, radica en su posición en profundidad, determinándose un nivel superior de CDW (UCDW) y un nivel inferior de CDW (LCDW) donde sus diferencias son casi imperceptibles. Esta última capa es la que penetra con mayor eficacia de las CDW en el estrecho de Gerlache, sin embargo, su señal se ve afectada, registrándose menores valores de temperatura y salinidad con respecto al mar de Bellingshausen, el oxígeno también se ve afectado, probablemente, debido a la mezcla con TWW, la cual posee altos valores de oxígeno, mientras que los niveles de silicatos son regularmente altos, probablemente producto del aporte de sedimentos de los glaciares locales (García *et al.*, 2002).

Circulación

El estrecho de Gerlache recibe aguas de dos sectores principalmente, desde el mar de Bellingshausen y desde el estrecho de Bransfield. Desde el sector sur, es decir por el mar de Bellingshausen, ingresa agua que es relativamente cálida y menos salina con respecto al estrecho y, desde el sector norte, hay un aporte de aguas que fluyen desde el mar de Weddell, que son modificadas en el estrecho de Bransfield, estas tienen por características ser frías y más salinas con respecto al Gerlache (Sangrá *et al.*, 2011). Los flujos superficiales predominantes del estrecho de Gerlache se asemejan bastante a los patrones de flujo del Bransfield, en el cual, ambos están compuesto por: un flujo en dirección norte hacia las islas Shetland del Sur, un flujo menor en dirección oeste, y un flujo en dirección noreste hacia el

margen continental de la península Antártica (Zhou *et al.*, 2002), sería este último el que tendría una mayor influencia sobre las bahías y fiordos de la costa de Danco.

Sin embargo, los patrones de circulación superficial y profunda del sector del estrecho de Gerlache son complejos, esto principalmente debido a la geomorfología que existe (islas, canales, fiordos, bahías, *sills* y pasos someros entre otros). Pero es posible identificar dos tipos de circulación: una barotrópica (en donde la presión solo depende de la densidad) en superficie y otra baroclínica (donde la presión no depende de la densidad únicamente) que se da entre los 200 a 400 m de profundidad (García *et al.*, 2002; Sangrá *et al.*, 2011).

Patrones de Vientos

El estrés del viento es uno de los elementos más importantes que afecta la circulación en el océano Austral. Sin embargo, observaciones directas de este importante forzante meteorológico son limitadas debido al pobre registro que se tiene (Bromwich & Stearns, 1993). De acuerdo a la literatura, el análisis de Trenberth *et al.*, (1987) podría ser el modelo más representativo para la península Antártica. Este modelo indica que el viento es principalmente de norte a noreste, lo cual produce un hundimiento de las aguas al término de la plataforma continental y un flujo a lo largo de la costa, esto combinado con un flujo de la Corriente Circumpolar Antártica (ACC) en dirección norte hacia el exterior de la plataforma, y otros mecanismos de circulación, deberían dar como resultado un flujo en sentido horario alrededor de la plataforma Antártica.

El promedio mensual del campo de estrés de los vientos muestra una variación semi-anual para la región oeste, la cual posee un estrés más débil en el periodo de verano austral, y un estrés más fuerte durante el invierno austral (Hofmann *et al.*, 1996). En general, la fuerza del viento cambia por uno o más factores más una pequeña variación en la dirección. El alto de las cadenas montañosas a lo largo de la costa de Danco, que recorren la topografía en dirección a los canales cercanos a la costa y a sus numerosas islas en el estrecho de Gerlache, crean cambios locales en el campo de vientos en escalas de pocos kilómetros. Sin embargo, en general, los patrones observados a larga escala son consistentes con el registro de los vientos basados en las estaciones climáticas (Bromwich & Stearns, 1993; Hofmann *et al.*, 1996).

Los eventos de surgencias de aguas en el Gerlache tienen una mayor relación con la influencia de los vientos, más que con otra variable. Lo anterior es debido a la advección inducida por los mismos vientos, que pueden ser suficientemente fuerte para generar surgencia (Yoo *et al.*, 2014) o flujos en dirección opuesta a la costa (Nowosielski, 1980), en el interior de las pequeñas bahías o fiordos.

Mareas

Existe poca literatura sobre el régimen de marea en la península Antártica y menos en el estrecho de Gerlache. Sin embargo, el régimen de mareas en la región se estima que es del tipo mixto-semidiurno (Yoo *et al.*, 2014; Dragini *et al.*, 2004), con una amplitud cercana a los 1.7 m (López *et al.*, 1996), que varía de acuerdo a la posición geográfica. Yoo *et al.*, (1999) coincide con Dragini *et al.*, (2004) donde este último afirma que el nivel de la marea aumenta y decae de manera uniforme, debido a la poca variabilidad que existe con las constituyentes armónicas en la península Antártica en general.

Otros factores

El efecto de Coriolis es importante solo cuando la extensión de la zona excede el radio de deformación de Rossby (Gill, 1982), lo cual sucede entre los 5 a 10 km en ambientes polares típicos (Yoo *et al.*, 2014). La circulación superficial del estrecho de Gerlache es influenciada por giros ciclónicos asociados al efecto de Coriolis (Zhou *et al.*, 2001), dado que cumple la condición descrita anteriormente. Sin embargo, este efecto no se presenta de manera uniforme en sistemas semi-cerrados, donde las condiciones del lugar están asociadas a bajas velocidades en los flujos, de lo anterior, puede esperarse que en pequeñas bahías y fiordos de la costa de Danco no se registre de manera significativa la influencia de Coriolis.

Las fuertes precipitaciones pueden ser otro factor que afecta la circulación, especialmente en pequeñas bahías de régimen sub-polares, donde existe una descarga de agua derretida desde el glaciar, principalmente en verano. Sin embargo, precipitaciones abundantes son poco frecuentes en verano, además de poseer una corta duración (Yoon *et al.*, 1997).

Marco oceanográfico de los ambientes glaciomarinos

Ambiente glaciomarino

Los ambientes glaciomarinos se definen como entornos marinos con suficiente proximidad a los hielos que conforman un glaciar. Este tipo de ambientes están influenciados por procesos físicos que aportan sedimentos, llamados procesos glaciomarinos (Powell & Domack, 2002). De estos procesos se reconocen tres principales: el flujo de sedimentos por gravedad (corrientes de turbidez), hielos flotantes (conectados con el glaciar principal), y sedimentos que se desprenden del glaciar producto del derretimiento (plumas de sedimentos) (Cofaigh *et al.*, 2001), que a su vez son afectados por factores climáticos regionales como: temperaturas, precipitaciones, nubosidad, relieve y factores oceanográficos entre otros.

En la península Antártica, la transición de hielo polar a la condición climática subpolar ocurre cuando las temperaturas en verano son mayores a 0° C. Condición que es característica en el lado oeste de la misma península Antártica, incluyendo la costa de Danco. Los glaciares bajo estas condiciones climáticas experimentan derretimiento durante el verano, sin embargo, sus temperaturas frías se mantienen constantes. El derretimiento o congelamiento de los glaciares de la península Antártica, de una u otra manera, influirá en los procesos glaciomarinos, los que a su vez dependen de la base y de la línea de equilibrio del mismo glaciar (Powell & Domack, 2002).

La línea de equilibrio de los glaciares se considera importante debido a que es un límite entre el crecimiento y el retroceso de un glaciar a nivel superficial y se caracteriza por estar siempre arriba del nivel del mar, mientras que la línea de crecimiento de un glaciar se considera aún más importante, pues es aquí donde la erosión ocurre de manera más rápida, debido a la fricción del glaciar con el fondo marino y de la presión que está sujeta la misma base, al sostener toda la estructura. Las características de estos dos factores mencionados determinará el flujo de sedimentos al ambiente glaciomarino (Powell & Domack, 2002).

En un sistema glaciomarino, se diferencian cuatro ambientes sedimentarios, en relación a su posición respecto al glaciar: (1) ambiente subglacial, el cual está localizado en la zona más cercana a la base del glaciar; (2) zona de anclaje que es el área donde la base del glaciar se separa del fondo marino por una acumulación de sedimentos y además una plataforma de hielo a nivel superficial, puede formar la prolongación del mismo glaciar hacia el mar (este ambiente se considera altamente dinámico, debido a la transición entre el ambiente subglacial y proglacial); (3) ambiente proglacial, el cual se puede dividir en dos subambientes más: proximal y distal. El subambiente proximal, tiene mayor influencia glaciar y el subambiente distal, está más influenciado por la plataforma de hielo superficial y por procesos oceanográficos; y, finalmente, (4) el ambiente marino que corresponde al área que no está afectada directamente por el glaciar. La localización de cada uno de estos ambientes determina la trascendencia de los procesos glaciales o bien de los procesos oceanográficos que finalmente establecerán los aportes de sedimentos en la zona (Anderson, & Domack 1991) (Fig. 2).

El modo en que se conecte el glaciar con el mar o el océano, también influirá en el flujo de salida de agua y de cómo los sedimentos finalmente se depositarán en el fondo marino. Los glaciares pueden ser de dos formas: (1) en forma de hielo flotante (Fig. 3A) o (2) interactuando en forma directa con el mar a través de una pared frontal (Fig. 3B). Es en este último caso, donde las condiciones marinas (temperaturas, salinidades, corrientes y masas de agua), influenciarán en mayor medida sobre los procesos sedimentarios y glaciológicos.

La distribución de sedimentos en el límite de los glaciares, dependerá de la temperatura del océano y de los gradientes de presión, los cuales son controlados por el agua profunda y la circulación de la zona. De lo anterior, se desprende dos alternativas: (1) el agua marina que fluye por sobre de la línea de crecimiento hacia los gradientes de presión probablemente congelara la base; y (2) el agua marina que fluye hacia la línea de crecimiento del glaciar lo hace por debajo de los gradientes de presión y podría potenciar el derretimiento del hielo en su base (Domack & Powell, 1990) (Fig. 4).

Durante el invierno, la formación de hielo marino detiene el transporte de sedimentos que proviene del medio terrestre cercano (Domack & Ishman, 1993). En contraste durante la primavera y verano, grandes descargas de agua derretida que provienen de los glaciares se dispersan con material terrígeno, a estas descargas se les conoce como plumas de sedimentos y resultan un control importante en la sedimentación, transporte y depósitos del medioambiente costero marino (Domack & McClennen, 1996; Yoon *et al.*, 1998; Khim *et al.*, 2001).

Plumas de sedimentos

Las plumas de sedimentos glaciares se definen como concentraciones de partículas que tiene su origen en zonas contiguas a los glaciares (zona de anclaje). Estas plumas tienden a disminuir su concentración por dilución a medida que se alejan del glaciar (de una zona proglacial a un ambiente marino). Estudios anteriores han identificado estas plumas de sedimentos en flujos sub-superficiales y flujos profundos principalmente y en menor medida en superficie (Domack & Ishman, 1993; Yoo *et al.*, 2014). Tales plumas son capaces de transportar sedimentos mayores (como pequeñas rocas y arena) (Powell, 1990), los que pueden permanecer suspendidos en la columna de agua por hasta cerca de 1 km de distancia (Cowan *et al.*, 1988). Mientras que las partículas más pequeñas pueden desplazarse en la columna de agua una mayor distancia (Fig. 5).

Existen diferentes alternativas en las descargas de plumas de sedimentos que se liberan a la columna de agua. Powell (1990) reconoce a lo menos tres tipos: descargas bajas en la base del glaciar (Fig. 6A), involucrando un crecimiento progresivo de las plumas de sedimentos en todos los niveles del glaciar, debido a la fricción ascendente producida en el fondo; descargas intermedias en la base del glaciar (Fig. 6B), produciendo plumas de sedimentos con mayor extensión, mostrando cierta separación con el glaciar en su parte profunda; y, finalmente, descargas altas en la base del glaciar (Fig. 6C), registrando plumas

gruesas y extensas capaces de desplazar bancos rocosos “*barchanoid bar*” a una zona lejana, esta vez las plumas ascendentes presentan una mayor separación del glaciar.

La formación de depósitos sedimentarios glaciomarineros radica en la disposición de las plumas de sedimentos glaciares ya antes descritas, las cuales varían debido a los diversos factores ambientales que influyen en una determinada zona. Sin embargo, la liberación episódica de sedimentos en forma de plumas, sugiere que existe una mayor descarga de sedimentos durante la etapa de marea vaciante, debido a la mayor turbulencia que presenta la columna. Cuando la fuerza de las plumas de sedimentos no es lo suficientemente grande para sostener las partículas estas son liberadas de las mismas, como resultado caen en forma de floculos y luego se depositan en el fondo marino (Domack, 1990).

Descripción del área

A lo largo del estrecho de Gerlache se aprecian diferencias en el régimen de sedimentación, donde cada bahía posee características propias, que varían dependiendo de microclima, escenario glacial y la geología principalmente (Griffith, 1987).

La cuenca en sí actúa como una trampa de sedimentos que colecta grandes cantidades de material en suspensión, siendo el material biogénico y de origen glacial, los principales aportes sedimentarios (los cálculos de tasa de sedimentación se estiman en torno a los 0.17-0.31 cm/año) (Isla *et al.*, 2002).

La concentración de sedimentos (principalmente terrígenos y biogénicos) en el estrecho de Gerlache, alcanza valores cercanos a los 12 mg/l y está asociado a aguas de bajas salinidades las cuales deben su procedencia a fiordos aledaños (Domack, 1988). Además del aporte de los fiordos, existe un aporte de las bahías circundantes al estrecho de Gerlache, donde la geometría de las mismas influye en el transporte.

Los sedimentos del sector central del estrecho de Gerlache, presentan las más altas concentraciones de material biogénico y las menores concentraciones de arena con respecto al estrecho de Bransfield y el mar de Bellingshausen, lo que implica que la materia orgánica producida en la zona eufótica se transfiere directamente al suelo marino (Isla *et al.*, 2004). Las corrientes transportan material del fondo marino y actúan en conjunto con cañones submarinos y otras cualidades batimétricas como suministro de sedimentos en zonas aledañas al Gerlache.

Los fiordos y bahías de la península Antártica y en especial los del estrecho de Gerlache, son afectados por una gran variedad de procesos glaciares, que se asocian con procesos marinos y la actividad glacial proximal (García *et al.*, 2002). Debido a lo anterior, en esta región se han registrados cambios significativos en las características de la columna de agua asociado a procesos sedimentarios tales como el aumento de la tasa de sedimentación (Masqué *et al.*, 2002), variabilidad en los gradientes de temperatura y salinidad superficiales y sub-superficiales (García *et al.*, 2002), y aumento en la producción primaria (Varela *et al.*, 2002), entre otros.

Definición del problema

El entendimiento de los ambientes glaciomarineros y los procesos sedimentarios asociados a fiordos y bahías de la península Antártica, entregaría información para comprender la evolución climática y oceanográfica de la región.

La generación de las plumas de sedimentos que provienen de los glaciares corresponde a un proceso geológico-oceanográfico, el cual puede asociarse a la dinámica glacial. Como consecuencia de esta dinámica y del cambio climático, el glaciar puede aumentar su tasa de ablación y, por lo tanto, aumentar la presencia y el flujo de plumas de sedimentos hacia el mar.

Por lo cual, en este trabajo se espera encontrar un aumento en la presencia y concentración de las plumas de sedimentos que provienen de los glaciares, producto del derretimiento de los mismos influenciados por temperaturas ambientales más altas en la región.

En base a lo anterior, se dispone de información oceanográfica reciente obtenidas de las expediciones antárticas de INACH N° 49 y 50, realizadas en febrero del 2013 y febrero del 2014, respectivamente, y por la Primera Expedición Antártica de Colombia (enero y febrero 2015).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Caracterizar oceanográficamente las plumas de sedimentos glaciares en la zona de bahías y fiordos antárticos de la costa de Danco, península Antártica.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar las variables oceanográficas (temperatura y salinidad) en la columna de agua, para determinar la influencia glacial.
2. Determinar la extensión y concentración de las plumas de sedimentos, mediante la asociación con la turbidez de la columna de agua.
3. Establecer los distintos tipos de agua presentes en la zona y su respectivo origen.
4. Determinar las variabilidades espaciales interanuales de las plumas de sedimentos glaciares observadas en un área de referencia (bahía Frei).
5. Clasificar las distintas zonas de bahías y fiordos del área de estudio, de acuerdo a la influencia glacial que ejercen las plumas de sedimentos en la columna de agua.

HIPÓTESIS

Debido al cambio del patrón térmico atmosférico de la región de la península Antártica, se espera un mayor derretimiento glacial, lo cual produciría una mayor generación de sedimentos glaciares que desembocarían al mar por medio de plumas. Ya que la costa de Danco es una región de transición subpolar-polar, los cambios de sedimentación deberían ser más notorios que en otras áreas antárticas polares, y en gradiente, es decir, las plumas tendrían mayor concentración y extensión en el área norte que en las del área sur.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La península Antártica es la parte más septentrional del continente antártico y se ubica en la Antártica occidental entre el mar de Bellingshausen por el oeste y el mar de Weddell al este. Esta región comprende una larga y estrecha meseta segmentada la cual posee una gran cantidad de bahías y fiordos, que se extienden desde los 63° S hasta aproximadamente los 74° S, donde se une con el bloque occidental antártico.

El estrecho de Gerlache corresponde a una cuenca angosta ubicada en la península Antártica, limitada por la costa de Danco en el este y por el archipiélago Palmer en el oeste (61-64° W), con un ancho aproximado de 8 a 60 km, mientras que sus aguas abarcan desde isla Trinidad por el norte hasta la misma península Antártica por el sur (64-65° S), con una extensión aproximada de 180 km. El origen de sus aguas está asociado a las bahías y fiordos de la costa de Danco y a aguas oceánicas que provienen del mar de Bellingshausen (García *et al.*, 2002).

Las aguas del archipiélago Palmer son más profundas que las de la península Antártica, siendo conectadas por el Gerlache en su zona intermedia, el cual está asociado a profundidades cercanas a los 500 m, mientras que en el norte del Gerlache se registran las mayores profundidades (> 1000 m), en cambio al sur, la profundidades son cercanas a los 300 m, debido a que estas son limitadas por *Sills* (Fig. 7) (Isla *et al.*, 2002).

El estudio del área fue localizado en aguas interiores de pequeñas bahías del lado oeste de la península Antártica, específicamente entre la bahía Guesalaga (Curtiss Bay) en los 64° S y la bahía Paraíso (Paradise Harbour) en los 65° S (Fig. 8).

Campañas oceanográficas

El muestreo fue dividido en tres fases que comparan las condiciones de verano durante 3 diferentes años. La primera fase ocurrió entre el 4 y el 6 de febrero del 2013; la segunda, entre el 8 y el 9 de febrero del 2014; y, finalmente, la tercera entre el 18 de enero y el 2 de febrero del 2015. Las primeras dos fases se realizaron a bordo de la embarcación “Aguiles” de la Armada chilena para las Expediciones Científicas Antárticas de INACH N° 49 y N° 50, completando un total de 17 y 10 estaciones oceanográficas respectivamente. Mientras que la tercera fase, se realizó a bordo de la embarcación ARC “20 de Julio” de la Armada colombiana para la Primera Expedición Antártica de Colombia, en la cual se completó un total de 27 estaciones oceanográficas. Para las campañas de INACH, se utilizó un bote “Zodiac” y, para la colombiana, una lancha tipo “Defender”. Durante las campañas, se intentó aproximarse lo más cerca posible del frente del glaciar principal y de manera perpendicular a la cabeza de éste, estableciéndose alrededor de 4 a 6 estaciones oceanográficas, equidistantes por aproximadamente 1 milla náutica.

La batimetría exploratoria fue realizada con un ecosonda portátil de 50 kHz y las mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno, fluorimetría y pH se registraron con un CTD SBE 19 Plus V2 y un SBE 25, los cuales se llevaron hasta los 100 m de profundidad de forma manual. Además, los CTDs tenían instalado un sensor de turbidez ECO TNU (0-1000 NTU).

El 2013 las bahías estudiadas fueron (de acuerdo a los nombres oficiales descritos en las cartas náuticas del SHOA): bahía Guesalaga (Curtiss Bay), bahía Frei (Recess Cove), bahía Beaupré (Beaupre Cove) y bahía Paraíso (Paradise Harbour y Oscar Cove) (Tabla 1); el 2014: caleta Salvesen (al sur de Salvesen Cove) y bahía Frei (Tabla 2); y finalmente para el 2015: ensenada Duarte, bahía Frei, punta Eckener (Eckener Point), bahía Wilhelmina (Wilhelmina Bay) y bahía Paraíso (Tabla 3) (Fig. 8).

Procesamiento

Para la caracterización hidrográfica de la columna de agua, se tomaron en cuenta los registros de temperatura y salinidad, los cuales fueron corregidos a través del procedimiento estándar según CENDHOC (www.shoa.cl/cendhoc), y utilizando el programa *Data Processing* de SEABIRD Electronics. El cálculo de la densidad se realizó con el mismo programa. Se efectuó un promediado de los datos del CTD cada un metro en la vertical. No se consideraron los, aproximadamente, primeros 3 minutos de mediciones debido a que el instrumento se encontraba en superficie y los datos que adquiere son erróneos. También se efectuó la eliminación manual de valores fuera de rango notorio.

A partir de los datos promediados se realizaron secciones transversales con cada una de las variables, utilizando el programa *Ocean Data View* (Schlitzer, 2010). Debido a la distancia entre los puntos y a la cantidad de estaciones muestreadas, los valores fueron extrapolados a rangos del 30-60%.

Los datos erróneos de turbidez (< 0 NTU) fueron removidos manualmente. Posteriormente, se realizaron secciones transversales utilizando el programa *Ocean Data View*.

Para determinar las mareas durante las mediciones fueron usados los *toolbox t_tide* y *t_predict* (Pawlowicz *et al.*, 2002). Que corresponden a la versión de análisis armónico del software Matlab (Foreman, 1977 & 1978). Los datos de marea usados fueron calibrados de acuerdo a la estación Chilena “Arturo Prat” (62.48° S y 59.63° W) y están disponibles en <http://uhsic.soest.hawaii.edu/data/download/rq>, además se verificaron los resultados comparando los datos de mareas obtenidas en la base Gabriel González Videla durante la campaña Antártica colombiana en 2015.

Análisis de la información

Se identificaron y caracterizaron las plumas de sedimentos glaciares en función de los valores de turbidez y asociándolos a las características de baja salinidad y baja temperatura.

Para identificar las masas o tipos de agua dentro del ambiente glaciomarino del área, se confeccionaron diagramas TS y se recurrió a los antecedentes oceanográficos correspondientes para su interpretación.

Para determinar la variabilidad espacial interanual de las plumas de sedimentos glaciares observadas, se determinó un área de referencia, bahía Frei, en la cual se obtuvieron datos oceanográficos durante tres años consecutivos y en, aproximadamente, las mismas estaciones.

Para clasificar oceanográficamente las distintas zonas de las bahías y fiordos del área de estudio, se comparó la concentración y extensión de las partículas suspendidas en el agua, y se asoció con otras variables ambientales de manera cualitativa.

RESULTADOS

Campaña Antártica 2013

Bahía Guesalaga

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de -0.3°C en las cercanías de la bahía y un máximo de 0.05°C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre -0.3 y 0.2°C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación C y D). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 18 m de profundidad. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre los 10 y 20 m (estación B), para luego desaparecer totalmente en estación A. Por otra parte, temperaturas más frías (entre -0.3 y -0.5°C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación A) y entre la superficie y los primeros 10 m (estación B) (Fig. 9 (A) y Fig. 10 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 60 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los -0.25 y los -0.35°C), mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los -0.2 y 0.02°C).

Temperaturas homogéneas cercanas a los -0.5°C se observan entre el nivel de los 80 y hasta los 100 m en la respectiva sección.

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.9 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 33.5 psu) (Fig. 9 (B) y Fig. 11 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1027 y 1027.25 kg/m^3 (Fig. 9 (C) y Fig. 12(A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m^3) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m^3 bajo los 80 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.04 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación B donde la turbidez

es levemente detectada (< 0.01 NTU). En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estación C y D) (Fig. 9 (D) y Fig. 13 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m no se evidencia turbidez en ninguna estación.

El diagrama TS de bahía Guesalaga (Fig. 14) indica que se registró influencia del Agua Superficial Antártica (AASW) y del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce alrededor de las 10 pm. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 75 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea llenante entre las 15:20 y las 17:25 hora local (Fig. 10 (C)).

Bahía Frei

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 1.5° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2.35° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1.6 y 2.35° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (entre las estaciones B y D). Por otra parte, temperaturas más frías (entre 1.5 y 2° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación A) (Fig. 15 (A) y Fig. 16 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 100 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los $- 0.3$ y los 1.3° C), las cuales se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho. Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 55 m de profundidad. Las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.2 y 1.4° C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.7 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 33.3 psu) (Fig. 15 (B) y Fig. 17 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026.5 y 1027 kg/m^3 (Fig. 15 (C) y Fig. 18 (A)).

En el nivel de los 30 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m^3) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m^3 bajo los 80 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

En profundidades superficiales y hasta los 60 m no se evidencia turbidez en ninguna estación.

Las concentraciones de turbidez entre el nivel de los 60 a los 100 m presenta un máximo de 0.2 NTU en las cercanías de la bahía, la cual se distribuye con forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación C donde la turbidez es levemente detectada ($< 0.1 \text{ NTU}$). En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estación C y D) (Fig. 15 (D) y Fig. 19 (A)).

El diagrama TS de bahía Frei (Fig. 20) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce alrededor mediodía. La máxima está asociada a 70 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 70 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 14:45 y las 17:15 hora local (Fig. 16 (C)).

Bahía Beaupré

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.5° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 1.5° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1 y 1.5° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación E y D). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 10 m de profundidad. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre la superficie y los primeros 10 m (estación C y B), para luego registrarse entre los 5 a 10 m en estación A. Por otra parte, temperaturas más frías ($\sim - 0.5^\circ \text{ C}$) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse a nivel superficial y bajo los 10 m (estación A) (Fig. 21 (A) y Fig. 22 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 60 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los $- 0.7$ y los 0.4° C). Su núcleo se encuentra aproximadamente

a los 30 m de profundidad. Mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0 y 0.5° C).

Temperaturas homogéneas cercanas a los 0° C se observan en el nivel entre los 80 y hasta los 100 m en la respectiva sección.

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.4 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación E), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 32 psu) (Fig. 21 (B) y Fig. 23 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones comprendidas entre A y D muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026.5 y 1027 kg/m³ (Fig. 21 (C) y Fig. 24 (A)).

En el nivel de los 30 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m³ bajo los 80 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 1.2 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar (estación A). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 20 m de profundidad. En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estaciones comprendidas entre B y E) (Fig. 21 (D) y Fig. 25 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 50 m, se evidencia turbidez con valores inferiores a los registrados a nivel superficial, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas desde el glaciar (estación A). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 80 m de profundidad. En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estaciones comprendidas entre B y E).

El diagrama TS de bahía Beaupré (Fig. 26) indica que se registró influencia del Agua Superficial Antártica (AASW) y del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce pasado el mediodía. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 80 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 06:50 y las 08:40 hora local (Fig. 22 (C)).

Bahía Paraíso

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.9°C en las cercanías de la bahía y un máximo de 1.1°C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 0.8 y 1.1°C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse a nivel superficial (estación D). La temperatura de esta lengua, disminuye levemente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre la superficie y los 20 m (estaciones entre A y C). Por otra parte, temperaturas más frías (entre 0.8 y 0.9°C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse exclusivamente a nivel superficial (estación A) (Fig. 27 (A) y Fig. 28 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 100 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los 0 y los 0.4°C). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 80 m de profundidad. Mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.3 y 0.5°C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.7 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía (estaciones comprendidas entre A y C) se localizan las aguas menos salinas (~ 33.5 psu) (Fig. 27 (B) y Fig. 29 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A, B y C muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta levemente, predominando valores cercanos a los 1027 kg/m^3 (Fig. 27 (C) y Fig. 30 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m^3) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m^3 bajo los 80 m. Las isopicnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.1 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación D donde la pluma se profundiza hasta el nivel de los 20 m. En el sector más cercano a la bahía, bajo los 5 m no se detectó turbidez (estación A y B) (Fig. 27 (D) y Fig. 31 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 50 m, se evidencia turbidez con valores inferiores a los registrados a nivel superficial, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar (estación A), y esta se caracteriza por extenderse hasta el sector más lejano al glaciar (estación D).

El diagrama TS de bahía Paraíso (Fig. 32) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea muestra que la pleamar se produce alrededor de las 4:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce pasado el mediodía. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 120 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea llenante entre las 17:30 y las 18:50 hora local (Fig. 28 (C)).

Campaña Antártica 2014

Caleta Salvesen

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de -0.5°C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2°C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1.5 y 2°C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación D). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 15 m de profundidad. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre los 10 y 20 m (estación B y C), para luego profundizarse aún más, ubicándose entre los 15 a 20 m en estación A. Por otra parte, temperaturas más frías (entre -0.5 y 0°C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 15 m (estación A) (Fig. 33 (A) y Fig. 34 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 60 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los -0.3 y los 0.6°C), mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0 y 0.9°C).

Temperaturas homogéneas cercanas a los -0.5°C se observan en el nivel entre los 80 y hasta los 100 m en la respectiva sección.

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 32.5 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (< 32 psu) (Fig. 33 (B) y Fig. 35 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026 y 1026.5 kg/m^3 (Fig. 33 (C) y Fig. 36 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027 kg/m^3) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1027.5 kg/m^3 bajo los 60 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.3 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación C donde la turbidez es levemente detectada (< 0.1 NTU). En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estación D). A nivel entre los 15 a 30 m se detecta otro flujo de turbidez (0.1 NTU) el cual

es en forma de pluma también, señalando el ingreso de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose por todas las estaciones con similar concentración (Fig. 33 (D) y Fig. 37 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 40 m, no se evidencia turbidez en ninguna estación, a excepción de un pequeño flujo detectado entre los 90 a 100 m de profundidad, el cual se extiende hasta estación C con valores inferiores a 0.05 NTU.

El diagrama TS de caleta Salvesen (Fig. 38) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce alrededor de las 10:00 hrs. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 60 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea llenante entre las 15:50 y las 17:30 hora local (Fig. 34 (C)).

Bahía Frei

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.4° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2.25° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1.8 y 2.25° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (entre las estaciones B y F). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 10 m de profundidad. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, para luego desaparecer totalmente en estación A. Por otra parte, temperaturas más frías (entre 0.4 y 1.2° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (Fig. 39 (A) y Fig. 40 (A)).

La distribución de temperatura bajo el nivel de los 20 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los - 0.2 y los - 0.4° C), las cuales se extienden hasta la estación D. Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 60 m de profundidad. Mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.3 y 0.4° C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.3 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 32.5 psu) (Fig. 39 (B) y Fig. 41 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026 y 1026.5 kg/m³ (Fig. 39 (C) y Fig. 42 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1027.5 kg/m³ bajo los 60 m. Las isopicnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.05 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación F donde la turbidez es levemente detectada (< 0.02 NTU) (Fig. 39 (D) y Fig. 43 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores cercanos a los 0.5 NTU, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar (estación A). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 55 m de profundidad. Mientras que en el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estación E y F).

El diagrama TS de bahía Frei (Fig. 44) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce alrededor del mediodía. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 50 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 06:40 y las 10:00 hora local (Fig. 40 (C)).

Campaña Antártica 2015

Ensenada Duarte

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de -0.3°C en el sector intermedio de la sección y un máximo de 0.5°C en el sector más cercano y lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 0.3 y 0.5°C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación F). La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre los 10 y 20 m (entre las estaciones C y E), para luego registrarse entre la superficie y los primeros 20 (estación A y B). Por otra parte, temperaturas más frías (entre -0.3 y -0.5°C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el sector intermedio hacia la bahía y el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse a nivel superficial (entre las estaciones C y E) (Fig. 45 (A) y Fig. 46 (A)).

La distribución de temperatura entre los 20 a los 40 m de profundidad, sigue un patrón distinto al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los -0.3 y los -0.2°C), mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los -0.2 y 0.1°C).

Temperaturas homogéneas cercanas a los -0.5°C se observan entre los 40 y hasta los 100 m de profundidad de la respectiva sección.

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.5 psu) se encuentran en el sector más cercano a la bahía (estación A), al igual que la temperatura. En el sector más lejano de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 32.5 psu) (Fig. 45 (B) y Fig. 47 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el interior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en el sector más lejano de la bahía. A medida que existe menor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026.5 y 1027 kg/m^3 (Fig. 45 (C) y Fig. 48 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m^3) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m^3 bajo los 80 m. Las isopicnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.4 NTU en el sector más lejano de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el estrecho (estación F). En el sector más cercano a la bahía no se detectó turbidez (estación A y B) (Fig. 45 (D) y Fig. 49 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores cercanos a los 1.2 NTU, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar (estación A). Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 70 m de profundidad. Mientras que en el sector más lejano a la bahía se detectó una segunda pluma en sentido opuesto, es decir, desde el estrecho hacia el glaciar con valores cercanos a los 0.5 NTU. Su núcleo se encuentra aproximadamente a los 60 m (estación E y F).

El diagrama TS de ensenada Duarte (Fig. 50) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 11:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce pasado alrededor de las 18:00 hrs. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 90 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 12:15 y las 14:10 hora local (Fig. 49 (C)).

Bahía Frei

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.7° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2.3° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1.5 y 2.3° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (entre las estaciones B y F). La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía. Por otra parte, temperaturas más frías (entre 0.7 y 1.2° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación A) (Fig. 9 (A) y Fig. 10 (A)).

La distribución de temperatura entre el nivel de los 20 a los 80 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los - 0.2 y los 0.1° C), las cuales también se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (valores cercanos a los 0.3 ° C).

Temperaturas homogéneas cercanas a los 0.2° C se observan en el nivel entre los 80 y hasta los 100 m en la respectiva sección.

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación F), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía y en el sector intermedio de la sección se localizan las aguas menos salinas (< 32 psu) (Fig. 51 (B) y Fig. 53 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial

menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía y en el sector intermedio de la sección. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1026.5 y 1027 kg/m³ (Fig. 51 (C) y Fig. 54 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m³ bajo los 80 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.3 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación C donde la turbidez es levemente detectada (< 0.1 NTU). En el sector más lejano a la bahía también se detectó turbidez (estación F) (Fig. 51 (D) y Fig. 55 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores cercanos a los 0.6 NTU, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas desde el glaciar (estación A). Este patrón de ingreso se caracteriza por disminuir gradualmente conforme se extiende hasta la estación D. Mientras que en el sector más lejano a la bahía (estación F) se detectó valores bajos de turbidez (< 0.1 NTU).

El diagrama TS de bahía Frei (Fig. 56) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 00:00 hora local, mientras que la bajamar se produce alrededor de las 17:00 hrs. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 90 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 10:20 y las 12:40 hora local (Fig. 52 (C)).

Bahía Wilhelmina

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.5° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2.0 ° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 1.4 y 1.7° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación D y E). La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose

posteriormente entre los primeros 10 m (estación C y B), y finalmente solo al nivel de los 10 m (estación A). Por otra parte, temperaturas más frías (entre 0.5 y 1° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 10 m (estación A) (Fig. 57 (A) y Fig. 58 (A)).

La distribución de temperatura bajo el nivel de los 20 sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (< 0.5° C). Su núcleo se encuentra aproximadamente entre los 60 a 100 m de profundidad. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aleja de la bahía, siendo detectada con valores cercanos a los - 0.2° C en estación B. Mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.2 y 0.4° C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.8 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación E), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 33 psu) (Fig. 57 (B) y Fig. 59 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores cercanos a los 1027 kg/m³ (Fig. 57 (C) y Fig. 59 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m³ bajo los 80 m. Las isopicnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez presentan un máximo de 0.4 NTU en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación B donde se registra valores altos de turbidez (> 2.5 NTU). En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (estación E) (Fig. 57 (D) y Fig. 61 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores cercanos a los 2.8 NTU, situando su núcleo entre los 80 a 100 m, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas desde el glaciar (estación A). Este patrón de ingreso se caracteriza por extenderse hasta estación B y ascender a niveles superficiales con valores de igual magnitud. En el sector más lejano a la bahía (entre las estaciones C y E) no se detectó turbidez.

El diagrama TS de bahía Wilhelmina (Fig. 62) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 3:00 am hora local, mientras que la baja mar se produce a partir de las 11:00 hrs. La máxima está asociada a los 60 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 55 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea llenante entre las 11:00 y las 15:40 hora local (Fig. 58 (C)).

Punta Eckener

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 1.8° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 2.8° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 2.5 y 2.8° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación C y D). Su núcleo se encuentra en superficie. La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía, ubicándose posteriormente entre los primeros 10 m (estación B). Por otra parte, temperaturas más frías (entre 1.5 y 1.8° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación A) (Fig. 63 (A) y Fig. 64 (A)).

La distribución de temperatura bajo el nivel de los 20 hasta los 100 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los - 0.1 y los 0.2° C), mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.2 y 0.3 ° C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 34 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación D), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 33.8 psu) (Fig. 63 (B) y Fig. 65 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A y B muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores cercanos a los 1027 kg/m³ (Fig. 63 (C) y Fig. 65 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m³ bajo los 80 m. Las isopícnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

Los valores superficiales de turbidez se presentan de manera homogénea (0.4 NTU). Mientras que la distribución de turbidez al nivel de los 10 m es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación D donde la turbidez presenta valores similares. (Fig. 63 (D) y Fig. 67 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores cercanos a los 0.4 NTU, la distribución de turbidez también es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas desde el glaciar (estación A). Este patrón de ingreso se caracteriza por presentar valores levemente inferiores en el sector más lejano del glaciar.

El diagrama TS de punta Eckener (Fig. 68) indica que no se registró influencia de ningún cuerpo o masa de agua conocida.

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 00:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce pasado alrededor de las 15:00 hrs. La máxima está asociada a los 50 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 90 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante y la bajamar entre las 13:45 y las 15:50 hora local (Fig. 64 (C)).

Bahía Paraíso

Los valores superficiales de temperatura oscilaron entre un mínimo de 0.2° C en las cercanías de la bahía y un máximo de 1.2° C en el sector más lejano a la bahía. Las temperaturas más altas (entre 0.9 y 1.2° C) se distribuyen con una forma de lengua, señalando el ingreso de aguas desde el estrecho hacia el glaciar. Este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse en la superficie (estación D y E). La temperatura de esta lengua, disminuye gradualmente a medida que se aproxima a la bahía. Por otra parte, temperaturas más frías (entre 0.2 y 0.5° C) se distribuyen en forma de lengua también, señalando el ingreso de aguas desde el glaciar hacia el estrecho, este patrón de ingreso se caracteriza por ubicarse entre la superficie y los primeros 20 m (estación A) (Fig. 69 (A) y Fig. 70 (A)).

La distribución de temperatura desde el nivel de los 20 hasta los 100 m sigue un patrón similar al nivel superficial, caracterizándose por presentar menores temperaturas en las cercanías de la bahía (entre los 0.2 y los 0.3° C), mientras que las mayores temperaturas se advierten en el sector más lejano a la bahía (entre los 0.4 y 0.6 ° C).

Las concentraciones más altas de salinidad superficial (~ 33.5 psu) se encuentran en el sector más lejano a la bahía (estación E), al igual que la temperatura. En las cercanías de la bahía se localizan las aguas menos salinas (~ 33.6 psu) (Fig. 69 (B) y Fig. 71 (A)). La distribución de isohalinas indican un flujo de agua superficial menos salino hacia el exterior de la bahía. En general, las isohalinas se presentan inclinadas, indicando la tendencia de que el agua más fría suba hacia superficie.

Las estaciones A, B y C muestran el ingreso de aguas con densidades menores en las cercanías de la bahía. A medida que existe mayor distancia de la bahía, la densidad aumenta, predominando valores entre los 1027.5 y 1028 kg/m³ (Fig. 69 (C) y Fig. 71 (A)).

En el nivel de los 20 m la densidad presenta valores más altos con respecto al nivel anterior (1027.5 kg/m³) los cuales van aumentando ligeramente conforme aumenta la profundidad, superando los 1028 kg/m³ bajo los 80 m. Las isopicnas presentan una distribución similar a la isohalinas, reiterándose el patrón descrito anteriormente en profundidad.

A nivel superficial no se evidencia turbidez en ninguna estación. Mientras que entre el nivel de los 10 a 25 m se presenta un máximo de turbidez (0.5 NTU) en las cercanías de la bahía, la distribución de turbidez a esta profundidad es en forma de pluma señalando el ingreso del flujo de aguas turbias desde el glaciar, extendiéndose hasta la estación B (< 0.3 NTU). En el sector más lejano a la bahía no se detectó turbidez (Fig. 69 (D) y Fig. 73 (A)).

Hacia mayores profundidades y desde los 20 m se evidencia turbidez con valores homogéneos (< 0.2 NTU) en todas las estaciones.

El diagrama TS de bahía Guesalaga (Fig. 74) indica que se registró influencia del Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen (TBW).

El registro de altura de marea indica que la pleamar se produce alrededor de las 2:00 am hora local, mientras que la bajamar se produce antes de las 18:00 hrs. La máxima está asociada a los 50 cm por sobre el nivel del mar y la mínima está asociada a - 90 cm bajo el nivel del mar. Las mediciones fueron tomadas durante la marea vaciante entre las 10:00 y las 13:30 hora local (Fig. 70 (C)).

DISCUSIÓN

Las plumas de sedimentos y su asociación con las variables oceanográficas y la influencia glaciar

Los resultados indican que en todas las bahías y fiordos analizados de la costa de Danco, se observó la presencia de plumas de sedimentos, las cuales se extienden desde los glaciares hacia el estrecho de Gerlache. Estas plumas son identificables por sus valores altos en la concentración de turbidez y por su asociación con lenguas de agua fría.

La estructura hidrográfica de temperatura, salinidad y concentración de partículas es muy similar a la encontrada en los sistema de fiordos grandes de la costa de Danco (Domack & Williams, 1990; Domack & Ishman, 1993; Domack *et al.*, 1994), y en pequeños sistemas de fiordos en la isla Rey Jorge (Yoo *et al.*, 2014). Lo anterior sugiere que mecanismos similares están operando en pequeños y grandes fiordos o bahías, independiente del tamaño de los glaciares y del drenaje del mismo. Por lo cual, se presume que los sedimentos de estos pequeños sistemas estarían jugando un rol importante en los procesos sedimentarios regionales.

La complejidad de los fiordos más grandes implica una dificultad adicional en la interpretación de los flujos internos y de la real contribución de sedimentos. Para el caso, la mayoría de las mediciones se realizaron en bahías y fiordos con un solo glaciar simple principal. Sin embargo, en algunos casos, las bahías presentaban varios glaciares cercanos secundarios, que desembocaban en el mar, cuyas entradas de sedimentos resultaron aportes adicionales a la del glaciar principal, dificultando la observación de las plumas de sedimentos originales, las cuales resultan con lenguas un poco más difusas o no muy bien formadas (mediciones en bahía Paraíso en 2013 y 2015; y en caleta Salvesen en 2014).

De las mediciones efectuadas, se observó que las aguas de la costa de Danco, en general, son muy claras y transparentes a nivel superficial, lo cual indica un bajo flujo de sedimentos que sale de las bahías (< 0.2 NTU). A excepción de bahía Beaupré que presentó un sector cubierto por hielo marino, y que además tuvo una mayor concentración de sedimentos a nivel superficial (~ 1.1 NTU). Lo anterior contrasta con estudios similares realizados en las islas Shetland del Sur (Griffith & Anderson, 1989; Yoo *et al.*, 2015), en los que se observó una capa superficial compuesta por agua turbia que se extendió por los primeros 10 m, denotándose una diferencia entre las dos regiones climáticas cercanas, ya que están influenciadas por diferentes factores de control climático, que finalmente determinan el derretimiento de los glaciares y los procesos asociados a los flujos de sedimentos en ambientes glaciomarineros.

En general, los resultados mostraron la formación de dos principales plumas de sedimentos desde el glaciar: una pluma de concentración baja (< 0.2 NTU) que se desplaza a nivel superficial del mar por una corta extensión horizontal (< 1 km), caracterizada por un bajo flujo de salinidad (< 33 psu) y temperatura ($< 0.8^\circ$ C), y otra pluma de mayor profundidad y concentración, caracterizada por temperaturas aún más bajas. Ésta, mantiene

la forma y la extensión horizontal por sobre 4 km desde el glaciar, disminuyendo gradualmente su concentración de partículas. Una vez lejos de su origen, las partículas mayores no pueden ser transportadas (Trusel *et al.*, 2010; McClimans, 1978), siendo afectadas, con una mayor efectividad, por procesos de mezcla y forzantes asociadas con la dinámica de corrientes, limitando su extensión aún más.

Valores similares sobre la extensión de las plumas a nivel superficial y en profundidad fueron reportados por Zajaczkowski (2008), mostrando que el agua producto del derretimiento de los glaciares forma una corriente que fluye en una tasa de 0.8 m³/s y transporta partículas de sedimento por hasta 6.5 km mar adentro. Durante este transporte, la concentración de partículas disminuye en la superficie mientras que, de manera simultánea, se incrementa en profundidad. Esta conclusión coincide con el modelo de Domack & Ishman (1993) y con los resultados obtenidos en este estudio.

Por otra parte, la formación de las plumas y su posición vertical, podrían ser asociadas a un equilibrio en la boyantes como es indicado en el modelo de Mugford & Dowdeswell (2011). En general, hay una coincidencia en la extensión espacial de las plumas de sedimentos con la estructura termal y de densidad. Donde los perfiles de temperatura muestran una estratificación con dos principales capas y una termoclina. La primera capa es a nivel superficial, primeros 10 m, bajo ésta se encuentra la termoclina, y más abajo, la capa más profunda, entre los 40 y 100 m. Las plumas de sedimentos se desplazan entre estas dos capas. Con respecto a la estructura de densidad, la capa profunda de temperatura se encuentra bajo la isopícnica de los 1027.5 kg/m³, donde la ligera inclinación de las isopícnas en el área de las plumas cercanas al glaciar, indica una tendencia suave de que las plumas están ascendiendo en la vertical. Esta tendencia se registró en la mayoría de las bahías.

El modelo de Mugford & Dowdeswell (2011) muestra un segundo tipo de ascenso, en donde, la pluma de sedimento emerge horizontalmente desde un conducto subglacial. En ese momento causa que la pluma viaje desde el frente del glaciar, manteniendo una cierta distancia con el mismo, a medida que asciende, la fuerza boyante domina cada vez más, de esta forma la trayectoria hacia superficie resulta curvada hacia arriba. Una vez en superficie, esta se extiende como corriente superficial (Fig. 75). Cuando la pluma está en suspensión vertical, sedimentos se desprenden de la misma (Powell, 1990). Este patrón de ingreso se registró en bahía Wilhelmina, posiblemente debido a una mayor descarga de sedimentos que la registrada en otras bahías.

Otro factor para la identificación del máximo de turbidez en la capa profunda, podría ser debido a las características de la salinidad, donde un eventual incremento en la sal provocaría un incremento en el grado de floculación y, por lo tanto, en la sedimentación de partículas. Sin embargo, de acuerdo a la ley de Stokes, la sedimentación de estas finas partículas podría ser muy lenta, requiriendo un tiempo de hasta 200 días para que partículas de menor tamaño que 1 µm alcancen los sedimentos del fondo.

Durante el estudio, se tomó en cuenta la influencia de las mareas en las plumas de sedimentos. En el análisis de variabilidad diaria de las mareas se observó, en general, que las

bahías con mayor turbidez y extensión, coinciden con la marea vaciante. Comparando bahía Frei (2013), cuyas mediciones se realizaron durante marea llenante, con el periodo de mediciones en el 2014 y 2015 en la misma bahía, realizadas durante marea vaciante, se observó que bajo los 40 m de profundidad, la pluma fue intensificada en concentración (valores superiores a los 0.4 NTU), durante los periodos en que se registró marea vaciante.

Se observó, además, que los registros de turbidez en otras bahías, indican que en los periodos de marea llenante las concentraciones fueron de menor intensidad, a pesar de observarse características hidrográficas similares. Esto coincide con los resultados registrados por Yoo *et al.*, (2015) quienes observaron que las capas intermedias de turbidez experimentan mayor influencia por las mareas. Sin embargo, notó que la segunda marea llenante del día tuvo un flujo de turbidez mayor que la primera, manteniéndose condiciones de vientos similares. La variabilidad registrada por Yoo *et al.* (2015) la asociaron a cambios en la temperatura del aire que pudieron haber provocado un mayor derretimiento de los glaciares y conllevando grietas en los mismos, liberando una mayor cantidad de sedimentos. Sin embargo, esta condición se asume ajena a la costa de Danco, dado que los factores de control climático que afectan a la zona son diferentes a los mostrados por estos autores.

El efecto de vientos sobre las plumas de sedimentos no fue considerado durante el periodo de mediciones de este trabajo, ya que estos fueron muy suaves para que afectaran el sistema de corrientes de las bahías. Sin embargo, se sospecha que los vientos podrían tener una influencia importante en sistemas glaciomarininos de mayor envergadura.

De acuerdo con varios autores (Lake & Walker, 1976; Powell & Domack, 2002; Pichlmaier *et al.*, 2004) el flujo superficial de sedimentos, asociado con la lengua de agua fría y poco salina en sistema de fiordos, es debido al derretimiento glacial como también otros factores: precipitación, temperatura del aire y radiación neta. Basado en las condiciones en las que se tomaron las mediciones durante este estudio, las cuales fueron a mediados de verano, sin formaciones de hielo marino (salvo bahía Beaupré), vientos calmos (dentro de la bahías), bajas condiciones de radiación (nublado), y sin precipitaciones durante la expedición, se puede asumir que el derretimientos de los glaciares fue el factor principal para la formación de las lenguas observadas, todo esto sumado al efecto de las masas de aguas.

El efecto de Coriolis tampoco es importante para este estudio, debido a que los fiordos o bahías muestreadas no exceden el radio de deformación de Rossby, el cual es de 5-10 km en ambientes polares típicos (Gill, 1982).

Bajo la capa superficial fría, hay una densa capa cálida con altos valores de salinidad, la cual puede tener su formación producto de los flujos compensatorios hacia tierra. Esta posibilidad permite que el agua que viene del estrecho de Gerlache sea modificada por procesos de mezcla en los fiordos, afectando principalmente a los glaciares. En bahía Guesalaga, se cree que arribó una masa de agua fría desde fuera, y plumas de bajas concentraciones de turbidez fueron detectadas tanto a nivel superficial como en profundidad. Como no se tiene registro bajo los 100 m, no es posible conocer si hay una contribución de

aguas cálidas a la base del glaciar. Sin embargo, algunos autores (García *et al.*, 2002; Zhou *et al.*, 2002) consideran que la llegada del agua circumpolar profunda (CDW), debería penetrar en los fiordos más profundos y provocar mayores derretimientos a nivel de la base del glaciar.

Bajo los 50 m, las características de temperatura y salinidad, se parecen más a aquellas de aguas transicionales zonal con influencia del mar de Bellingshausen (TBW), mientras que a una mayor profundidad se registran aguas transicionales zonales con influencia del mar de Weddell (TWW) (García *et al.*, 2002; Niiler *et al.*, 1991; Sangrá *et al.*, 2011)

Las características frías de bahía Guesalaga, probablemente fueron debidas a las intrusiones de agua que llegan del área sur del estrecho de Bransfield o TWW, mientras que para las bahías internas es más probable la influencia de aguas cálidas del mar de Bellingshausen. Bahía Paraíso localizada al sur, en el extremo del Gerlache, muestra características asociadas a LCDW (agua profunda circumpolar baja) (García *et al.* 2002). Se presume que hay cierta asociación entre aguas cálidas provenientes desde fuera de la bahía y las características de las plumas de sedimentos en los glaciares.

Se observó que las aguas superficiales de las bahías de la costa de Danco muestran una zona cálida y salina en el sector central y sur, mientras que en el sector norte se presentan aguas frías y menos salinas. Este patrón también se manifiesta en la formación de plumas de sedimentos, las cuales tienden a mostrar una mayor extensión y concentración de partículas en las bahías del sector central y sur de la costa de Danco (Fig. 77).

Clasificación de las bahías y fiordos según las características de las plumas de sedimentos

El comportamiento de las plumas, en cuanto a sus características geométricas y concentración, presentaron un patrón similar si estas se clasifican por el tipo de marea (Fig. 76). Con respecto a las plumas que se presentaron durante marea llenante, se registró descargas de sedimentos con valores inferiores a los 0.4 NTU, con estructuras relativamente simples. A excepción de bahía Wilhelmina, donde la descarga de sedimentos es mayor que las demás bahías estudiadas. Posiblemente, debido, a que actúa un forzante de mayor intensidad, permitiendo flujos de sedimentos mayores, que pueden estar relacionados a efectos dinámicos glaciares que son propios del sector.

Por otra parte, las plumas de sedimentos observadas que durante las mediciones oceanográficas con marea vaciante, presentaron concentraciones más altas (> 0.4 NTU) en el sector central de la costa de Danco, que las situadas en el sector sur, por lo cual, se puede realizar una subclasificación de aquello. En el primer subgrupo (bahía Duarte y Frei), se observaron patrones similares con respecto a las características geométricas y concentración de sedimentos, que pueden estar relacionados con la dinámica glaciar o cuenca de drenaje glaciar, debido a que los glaciares se conectan directamente con la parte central de la península Antártica. Con respecto al segundo subgrupo, es decir bahía Eckener y Paraíso, las cuales tienen por característica presentarse en sectores más aislados, se observaron patrones

casi idénticos en cuanto a la geometría y concentración de las plumas de sedimentos. A excepción de bahía Beaupré que, por lo demás, es posible considerarla como parte del sector centro-sur de la península Antártica, presentó características particulares en relación a las demás bahías estudiadas durante marea vaciante, entre ellas, una concentración mayor a 1 NTU a nivel superficial y plumas de sedimentos con extensión menor a los 2 km, tanto a nivel superficial como subsuperficial. Probablemente, lo anterior se deba a la presencia del hielo marino, el cual, se observó en las proximidades del glaciar principal, no permitiendo así la interacción entre el medio marino y el glacial, y de esta forma influenciando las plumas de sedimentos en la columna de agua (Powell & Domack, 1990).

Tomando en cuenta el patrón térmico de las bahías estudiadas es posible clasificar en dos zonas geográficas la costa de Danco: una zona fría (norte) y una zona más cálida (zona centro-sur) (Fig. 77). Con respecto a la zona norte, se presentan temperaturas particularmente bajas a nivel superficial (menores a 0.5° C) a lo largo de toda la sección, y homogéneas en profundidad (valores cercanos a los 0° C). No así en la zona centro-sur, la cual se caracteriza por que predominan temperaturas cálidas en superficie (entre 1.5 y 2° C), en especial en el subgrupo de las bahías de más al norte de esta zona (Salvesen y Frei), a la cual también se le puede sumar bahía Wilhelmina. Por otra parte, se identifica un segundo subgrupo en la zona central, compuesto por las bahías Eckener y Paraíso, en el cual la influencia de esta agua cálida es menor, ya que como se mencionó anteriormente, corresponden a sectores más aislados. De lo anterior, se evidencia que la zona centro-sur del área de estudio, se ve más afectada por el ingreso de aguas cálidas hacia las bahías, las cuales provienen del estrecho de Gerlache y del mar de Bellingshausen, que estarían influenciando con mayor efectividad el desarrollo de las plumas de sedimentos por el aporte extra de calor hacia los glaciares.

Validación de la hipótesis

Finalmente, considerando lo analizado anteriormente, se desprende que la hipótesis planteada en esta tesis, se rechazaría ya que no existe una dependencia en extensión y concentración de las plumas en función de la latitud o patrón térmico atmosférico, siendo otros los factores que influyen con mayor eficacia y directamente sobre los procesos sedimentarios, como lo son: el tipo de marea, la dinámica y cuencas de drenaje glacial, más la influencia de aguas cálidas provenientes del mar de Bellingshausen. Además, no se descarta que otros fenómenos oceanográficos como vientos, corrientes, y fenómenos a escalas espaciales y temporales (por ejemplo, oscilación antártica y fenómeno del Niño entre otros), pudieran afectar alternante la variabilidad local de las masas de aguas, y por consiguiente, el desarrollo de las plumas de sedimentos.

CONCLUSIONES

En general las bahías muestran la existencia de plumas de sedimentos en dos niveles: un nivel superior, desde la superficie hasta los 10 m de profundidad; y otro a mayor profundidad, bajo la termoclina, desde los 40 a 100 m.

Las plumas que fueron identificadas con altos valores en la concentración de turbidez, se asociaron a lenguas de agua fría y salinas en profundidad, con tendencia a mantenerse por debajo de la isopicna de 1027 (kg/m^3). El origen de estas plumas de sedimentos está relacionado a los flujos internos de las bahías producto del derretimiento que experimenta el glaciar principal, donde, por lo general, su extensión horizontal no superó los 4 km. Las plumas superficiales fueron más cálidas y menos salinas en comparación a las de mayor profundidad, pero con valores bajos de turbidez (< 1.0 NTU), las cuales no se extendieron horizontalmente más allá de 1 km. Ambas plumas, tanto la superficial como la de mayor profundidad, mantienen la forma y disminuyen gradualmente su concentración de partículas conforme se alejan de la fuente de origen (glaciar principal).

Al norte de la costa de Danco, en las bahías Guesalaga las aguas son más frías que otras bahías, debido a la posible influencia de aguas del estrecho de Bransfield y/o aguas transicionales zonales con influencia del mar de Weddell (TWW). Mientras que las bahías centrales o internas (Duarte, Frei, Beaupré, Salvesen, Wilhelmina y punta Eckener), son más cálidas debido a la influencia de aguas del mar de Bellingshausen. Finalmente, la bahía del sector sur de la costa de Danco, es decir Paraíso, muestra características asociadas al agua profunda circumpolar baja (LCDW). Esta masa de agua penetra en la bahía con valores cálidos ($< 1.5^\circ \text{C}$), que influyen la generación de plumas de sedimentos desde los glaciares circundantes. Sin embargo, no se descarta la influencia de la dinámica glaciar y el tamaño de las cuencas de drenaje glaciar en el desarrollo de las plumas de sedimentos.

Lo anterior permite rechazar en parte la hipótesis de este trabajo, ya que las plumas no varían en función de un gradiente atmosférico latitudinal de temperatura, sino que al parecer se asocia a procesos oceanográficos, como la entrada de masas de aguas más cálidas provenientes del sector del mar de Bellingshausen, las cuales tendrían más influencia en la parte central de la costa de Danco. Por otro lado, la hipótesis se acepta en el sentido de que en esos sectores más cálidos, efectivamente se encuentra una mayor concentración y extensión de las plumas.

A pesar de que las bahías o fiordos estudiados poseen glaciares relativamente pequeños, los flujos internos presentan estructuras similares de temperatura, salinidad, y turbidez con los fiordos más grandes de la costa de Danco estudiados por Domack & Ishman (1993). Por lo cual, la contribución de sedimentos desde estas pequeñas bahías o fiordos también podría jugar un rol en los procesos sedimentarios regionales.

REFERENCIAS

Anderson, J.B. & Domack, E.W. 1991. The glacial marine environment: subglacial and glacial climatic setting. Foreword. In Anderson, J.B and Ashley, G.M., eds. *Glacial Marine Sedimentation; paleoclimatic significance; A discussion*: Geological Society of America, Special Papers, 261.

Bockheim, J.G. 2013. Soil formation in the transantarctic mountains from the middle Paleozoic to the Anthropocene. *Palaeogeographic Paleoclimatol Paleoecol* 381-382; 98-109.

Bromwich, D.H. & Stearns, C.R. 1993. Editors, *Antarctic meteorology and climatology: studies base on automatic weather stations*, American Geophysical Union, Antarctic Research Series, Vol. 61, 207 pp.

Carleton, A.M. 1988. Sea ice-atmosphere signal of the southern oscillation in the Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Climate* 1: 379-388.

Cofaigh, C.O., Downdeswell J.A. & Grobe H. 2001. Holocene glaciomarine sedimentation, inner scores by sound, East Greenland: the influence of fast-flowing ice-sheet outlet glaciers. *Marine Geology*, 175: 103-129.

Cowan, E.A., Powell, R.D. & Smith, N.D. 1988. Rainstorm-induced event sedimentation at the tidewater front of a temperate glacier. *Geology*, 16, 409-412.

DaSilva, J.L., Anderson, J.B. & Stravers, J. 1997. Seismic facies changes along a nearly continuous 24° latitudinal transect: the fjords of Chile and the northern Antarctic Peninsula, *Marine Geology*, 143.

Domack, E.W. 1988. Depositional environments on the Antarctic continental shelf: fjords studies from the R/V Polar Duke. *Antarctic Journal of the United States*, 23 (5): 96-102.

Domack, E.W. & Williams, C.R. 1990. Fine structure and suspended sediment transport in three Antarctic fjords. Contributions to Antarctic Research I. American Geophysical Union, 71-89.

Domack, E.W. & Ishman, S. 1993. Oceanographic and physiographic control on modern sedimentation within Antarctic fjords. Geological Society of America Bulletin, 105, 1175-1189.

Domack, E.W., Foss, D.J., Syvitski, J.P. & McClennen, C.E. 1994. Transport of suspended particulate matter in an Antarctic fjord. Marine Geology, 121, 161-170.

Domack, E.W. & McClennen, C.E. 1996. Accumulation of glacial marine sediments in fjords of the Antarctic Peninsula and their use as Late Holocene paleoenvironmental indicators. Foundations for Ecological Research West of the Antarctic Peninsula. American Geophysical Union, 135-154.

Dragini, W.C., Drabble, M.R., Onofrio, E.E. & Mazio, C.A. 2004. Propagation and amplification of tide at the Bransfield and Gerlache Straits, northwestern Antarctic Peninsula, Polar Oceanographic., 17, 156-170.

Foreman, M.G. 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, 77-10.

Foreman, M.G. 1978. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, 78-6.

García, M.A., Castro, C.G., Ríos, A.F., Doval, M.D., Rosón, G, Gomis, D. & López, O. 2002. Water masses and distribution of physico-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during austral summer 1995/96. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 49, 585-602.

Garibotti, I.A., Vernet, M., Smith R.C., & Ferreiro, M.E. 2005. Interannual variability in the distribution of the phytoplankton standing stock across the seasonal sea-ice zone west of the Antarctic Peninsula. Journal of Plankton Research, 27 (8): 825-843.

Gill, A.E. 1982. Atmosphere-ocean dynamics, New York, NY: Academic Press, 662 pp.

Griffith, T.W. 1987. Late Quaternary sedimentation and glacial history in the Gerlache Strait region Graham Land, Antarctic. *Antarctic Journal of the United States*, 22 (5): 133-134.

Griffith, T.W. & Anderson, J.B. 1989. Climatic control of sedimentation in bays and fjord of the northern Antarctic Peninsula. *Marine Geology*, 85, 181-204.

Gutt, J., Barratt, I., Domack, E., D'Udekem D' Acoz, C., Dimmler, W., Grémare., A., Heilmayer, O., Isla, E., Janussen, D., Jorgensen, E., Kock, K.H., Sophia Lehnert, L., López- González, P., Langner, S., Linse, K., Eugenia Manjón- Cabeza, M., Meibner, M., Montiel, A., Raes, M., Robert, H., Rose, A., Sañe Schepisi, E., Saucède, T., Scheidat, M., Schenke, H. W., Seiler, J. & Smith, C. 2011. Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 58, 74-83.

Hill, P.S., Syvitski, J.P., Cowan, E.A. & Powell, R.D. 1998. In situ observations of flocc settling velocities in Glacier Bay, Alaska. *Marine Geology*, 145, 85-94.

Hofmann, E.E., Klinck, J.K., Lascaray, C.M. & Smith, D.A. 1996. Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula including Bransfield Strait. *Antarctic Research Series*, 70:61-80. *Antarctic Journal of the United States*, 27(5), 153-154.

Ingólfsson, Ó. & Hjort, C. 2002. Glacial history of the Antarctic Peninsula since the last glacial maximum: a synthesis. *Polar Research*, 21, 227-234.

Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Sanchez-Cabeza, A., Bruach, J.A., Guillen, J.M. & Puig, P. 2002. *Deep-Sea Research. Part 2. Topical Studies in Oceanography*, 49, 3275-3287.

Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Guillén, J., Puig, P. & Sanchez-Cabeza, J.A. 2004. Sedimentation of biogenic constituents during the last century in western Bransfield and

Gerlache Straits, Antarctic: a relation to currents, primary production, and sea floor relief. *Marine Geology*, 209, 265-267.

Khim, B. K., Yoon, H.I., Kim, Y. & Shin, I.C. 2001. Late Holocene stable isotope chronology and meltwater discharge event in Maxwell and Admiralty bays, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 13, 167-173.

King, J.C., Turner, J., Marshall, G.J., Connolley, W.M. & Lachlan-Cope, T.A. 2003. Antarctic Peninsula climate variability and its causes as revealed by analysis of instrumental records. Antarctic Peninsula climate historical and paleoenvironment perspectives. *American Geophysical Union*, 79, 17-30.

Kreutz, K.J., Mayewski, P.A., Whitlow, S.I. & Twickler, M.S. 2000. Sea level pressure variability in the Amundsen Sea region inferred from a west Antarctic glaciochemical record. *Journal of Geophysical Research*, 105, 4047-4059.

Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Guillen, J., Puig, P. & Sanchez-Cabeza, J.A. 2004. *Marine Geology*, 209, 265-277.

Lake, R.A. & Walker, E.R. 1976. A Canadian Arctic fjord with some comparisons to fjords of the Western America. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33, 2272-2285.

Lefebvre, W. & Goosse, H. 2005. Influence of the Southern Annular Mode on the sea ice-ocean system: the role of the thermal and mechanical forcing. *Ocean Science* 1: 145-157.

López-Martínez, J., Ramos, M., Criado, C., Serrano, E., Nicolás, P., 1996. Anomalías geotérmicas y permafrost en la isla Decepción, Antártida. Simposio de estudios Antárticos, CICYT, Madrid, pp. 223-234.

MacAyeal, D.R. 1985. Evolution of tidally triggered meltwater plumes below ice shelves. *Oceanology of the Antarctic continental shelf*. *American Geophysical Union*, 133-143.

Martínez, A., Sangrá, P., Lubián, L., Antorranz, A., Pelegrí, J.L., Rodríguez, S. & Sobrino, C. 2002. Mesoscale/submesoscale structures and chlorophyll distribution in the Gerlache Strait (Antarctica). EGS XXVII General Assembly, Nice, 21-26 pp.

Masqué, P., Isla, E., Sanches-Cabeza J.A., Palanquez, A., Bruach J.M., Puig, P. & Guillén J. 2001. Sediment accumulation rates and carbon fluxes to bottom sediments at the Western Bransfield Strait (Antarctica). *Deep-Sea Research II*, 49, 921-933.

Massom, R.A. & Stammerjohn, S.E. 2010. Antarctic sea ice change and variability physical and ecological implications. *Polar Science*, 4, 149-186.

Mayewski, P.A., Meredith, M.P., Summerhayes, C.P., Turner, J., Worby, A., Barrett, P.J., Casassa, G., Bertler, N.A., Bracegirdle, T., Naveira Garabato, A.C., Bromwich, D., Campbell, H., Hamilton, G.S., Lyons, W.B., Maasch, K.A., Aoki, S., Xiao, C. & Van Ommen, T. 2009. State of the Antarctic and Southern Ocean climate system. *Reviews of Geophysics*, 49, 10-1029/2007rg000231.

McClimans, T.A. 1978. Fronts in fjords. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 11, 23-34.

Morris, E.M. & Vaughan, D.G. 2003. Spatial and temporal variation of surface temperature on the Antarctic Peninsula and the limit of variability of ice shelves. *Antarctic Peninsula Climate Variability: Ant. Res. Serv.*, 79, pp. 61-68.

Mugford, R.I. & Dowdeswell, J.A. 2011. Modeling glacial meltwater plume dynamics and sedimentation in high-latitude fjords. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 116.

Niller, P.P., Amos, A. & Hu, J.H. 1991. Water masses and 200 m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 38, 943-959.

Nowolski, L. 1980. Meteorological conditions at Arctowski Station in 1978 (King George Island, South Shetland Islands). *Polish Polar Research*, 1, 83-93.

Pawlowicz, R., Beardsley, B. & Lentz, S. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers and Geosciences*, 28, 929-937.

Pichlmaier, M., Aquino, F.E., Santos, D.C.S. & Braun, M. 2004. Suspended sediments in Admiralty Bay, King George Island (Antarctica). *Pesq Antar Bras*, 4, 77-85.

Powell, R. & Domack, G.W. 2002. Modern glaciomarine environments. In Menzies, J., ed. *Modern and Past Glacial Environments*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 361-389.

Rignot, E., Casassa, G., Gogineni, P., Krabill, W., Rivera, A. & Thomas, R. 2004. Accelerated ice discharge from the Antarctic Peninsula following the collapse of Larsen B ice shelf. *Geophysical Research Letters*, 31, L18401, doi: 101029/2004GL020697.

Sangrá, P., Gordo, C., Hernández-Arencibia, M., Marredo-Diaz, A., Rodríguez-Santana, A., Stegner, A., Martínez-Marrero, A., Pelegrí, J.L. & Pichon, T. 2011. The Bransfield current system. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58, 390-402.

Savage M.L., Stearns, C.R., & Weidner, G.A. 1988. The southern oscillation signal in Antarctica. In *Preprint Volume Second Conference on Polar Meteorology and Oceanography*, Madison WI, 29-31 March. AMS: Boston; 141-144.

Schlitzer, R. 2010. Ocean Data View, [http:// odv.awi.de](http://odv.awi.de).

Syvitski, J.P. 1989. On the deposition of sediment within glacier-influenced fjords: Oceanographic controls. *Marine Geology*, 85, 301-329.

Talley, L.D., Pickard, G.I., Emery, W.J & Swift. J.H. 2011. *Descriptive physical oceanography: An Introduction*, 6th Ed. ELSEVIER, USA.

Trenberth K.E. & Shea D.J. 1987. On the evolution of the southern oscillation. *Monthly Weather Review* 115: 3078-3096.

Trusel, L.D., Powell, R., Cumpston, R. & Brigham-Grette, J. 2010. Modern glaciomarine processes and potential future behaviour of Kronebreen and Kongsvegen polythermal tidewater glaciers, Kongsfjorden, Svalbard. *Geological Society, London, Special Publications*, 344, 89-102.

Turner, J., Colwell, S.R., Marshall, G.J., Lachlan-Cope, T.A., Carleton, A.M., Jones, P.D., Lagun, V., Reid, P.A. & Iagovkina, S. 2005. Antarctic climate change during the last 50 years. *International Journal of Climatology*, 25, 279-294.

Van Loon H, & Shea D.J. 1985. The southern oscillation part IV: the precursors south of 15 ° S to the extremes of the oscillation. *Monthly Weather Review* 113: 2063-2074.

Varela, M., Fernandez, E. & Serret P. 2002. Size-fractionated phytoplankton biomass and primary production in the Gerlache and south Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) in Austral Summer 1995-1996. *Deep-Sea Research II*. 49, 749-768.

White W.B. & Peterson R.G. 1996. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extent. *Nature* 380: 699-702.

Wlodarska-Kowalczyk, M., Szymelfening, M. & Zajczkowski, M. 2007. Dynamic sedimentary environments of an Arctic glacier-fed river estuary (Adventfjorden, Svalbard). II: Meio- and macrobenthic fauna. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 74, 274-284.

Yoo, K.C., Yoon, H.I., OH, J.K., Kim, Y. & Kang, C.Y. 1999. Water column properties and dispersal pattern of suspended particulate matter (SPM) of Marian Cove during austral summer, King George Island, West Antarctica *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 4, 266-274.

Yoo, K.C., M.K. Lee, H. Yoon, Y. Lee & C. Kang. 2014. Hydrography of Marian Cove, King George Island, West Antarctica: implications for ice-proximal sedimentation during summer. *Antarctic Science*, 27: 185-196.

Yoon, H.I., Han, M.W., Park, B.K., OH, J.K. & Chang, S.K. 1997. Glaciomarine sedimentation and paleo-glacial setting of Maxwell Bay and its tributary embayment, Marian Cove, in the South Shetland Island, West Antarctica. *Marine Geology*, 140, 265-282.

Yoon, H.I., Park, B.K., Domack, E. W. & Kim, Y. 1998. Distribution and dispersal pattern of suspended particulate matter in Maxwell Bay and its tributary, Marian Cove, in the South Shetland Island, West Antarctic. *Marine Geology*, 152, 261-275.

Zajaczkowski, M. 2008. Sediment supply and fluxes in glacial and outwash fjords, Kongsfjorden and Adventfjorden, Svalbard. *Polish Polar Research*, 29, 59-72.

Zhou, M., Niiler, P.P. & Hu, J.H. 2002. Surface current in the Bransfield and Gerlache Straits. Antarctica. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49, 267-280.

FIGURAS

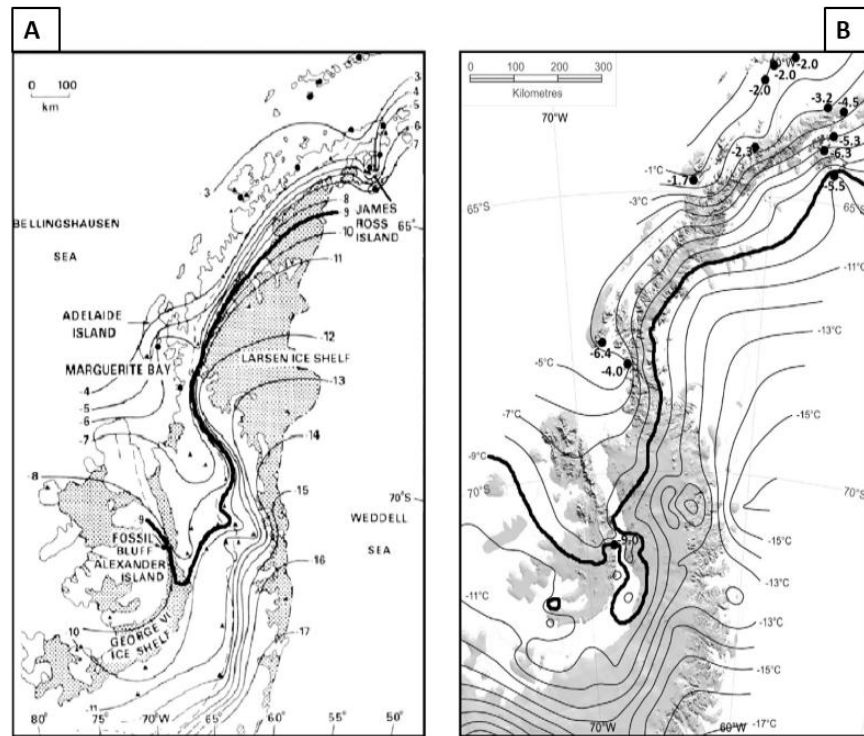


Figura 1. Isotermas de temperatura media anual del aire a nivel del mar de la región de la península Antártica. (A) Isotermas creadas con registros de datos de 1960 (Bockheim 2013, *fide* Reynolds, 1981); (B) isothermas con data de 2010 (Bockheim *fide* Morris y Vaughan, 2010).

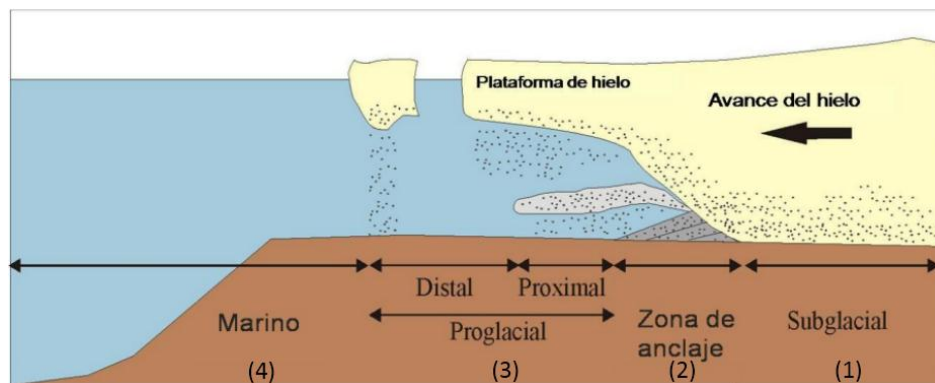


Figura 2. El ambiente glaciomarino. (1) Ambiente Subglacial; (2) Zona de Anclaje; (3) ambiente Proglacial (se subdivide en dos subambientes: Distal y Proglacial); y (4) ambiente Marino. Los sedimentos son representados por pequeños puntos (Modificado de Gavidia, 2009).

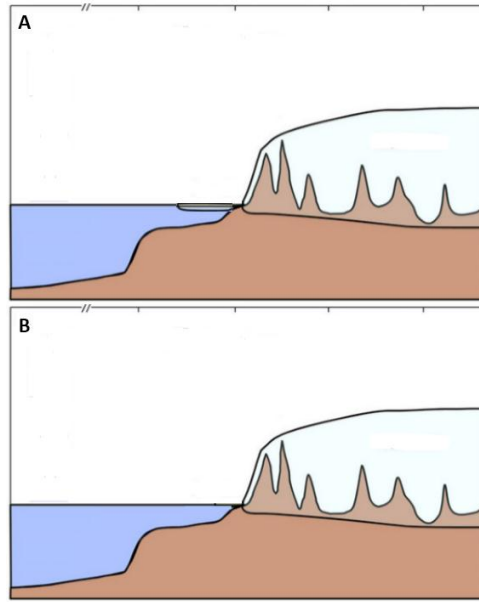


Figura 3. Esquema que indica la formas en que el glaciar se conecta con el mar. (A) En forma de hielo flotante; (B) interactuando en forma directa con el mar a través de una pared frontal.

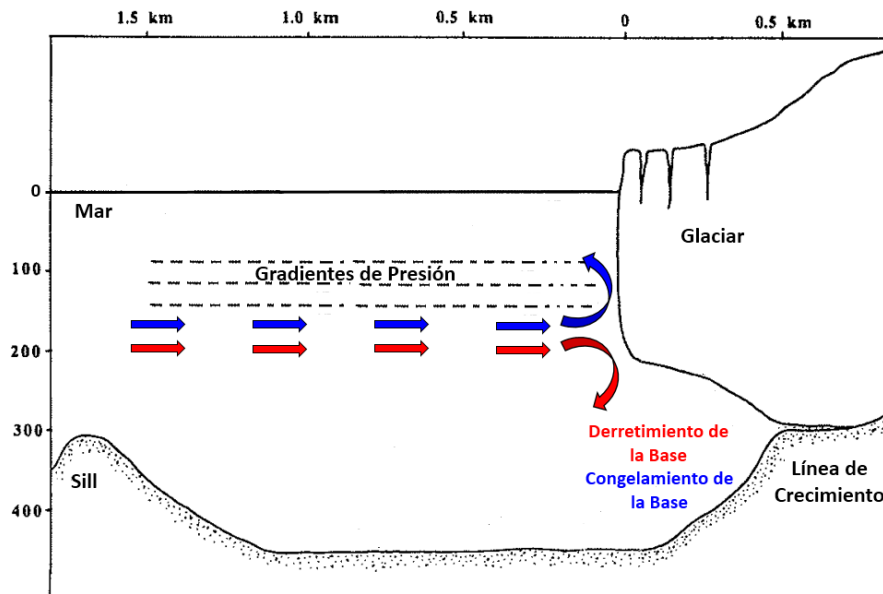


Figura 4. Esquema representativo de la distribución de los factores que influyen el calentamiento o derretimiento de la base del glaciar. (1) La flecha curvada de color azul representa el agua marina que fluye alejándose de la línea de crecimiento por sobre los gradientes de presión, donde probablemente se congelara la base; (2) la flecha curvada de color rojo representa el agua marina que fluye hacia la línea de crecimiento del glaciar, por debajo de los gradientes de presión, y podría potenciar el derretimiento del hielo en su base.

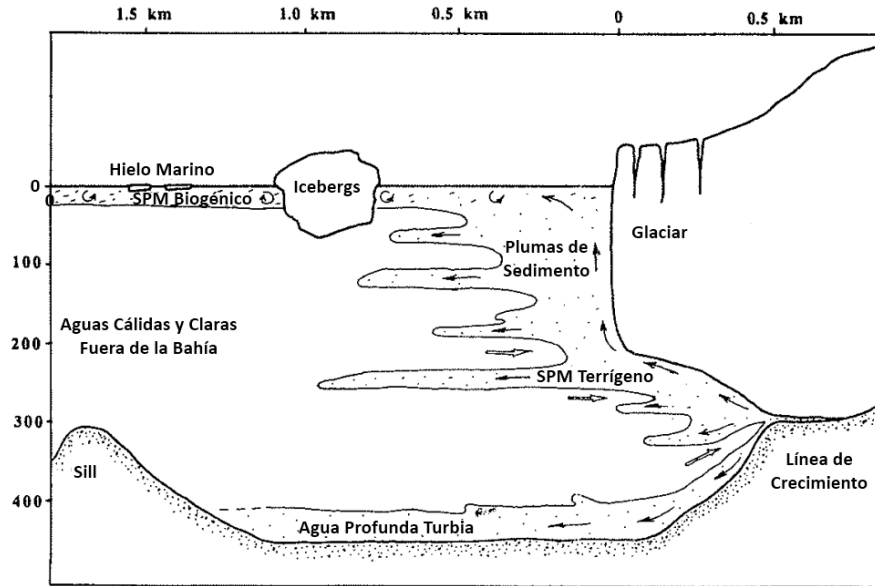


Figura 5. Procesos deposicionales activos representativos de los fiordos y bahías del noreste de la península Antártica (Modificado de Domack & Williams, 1990).

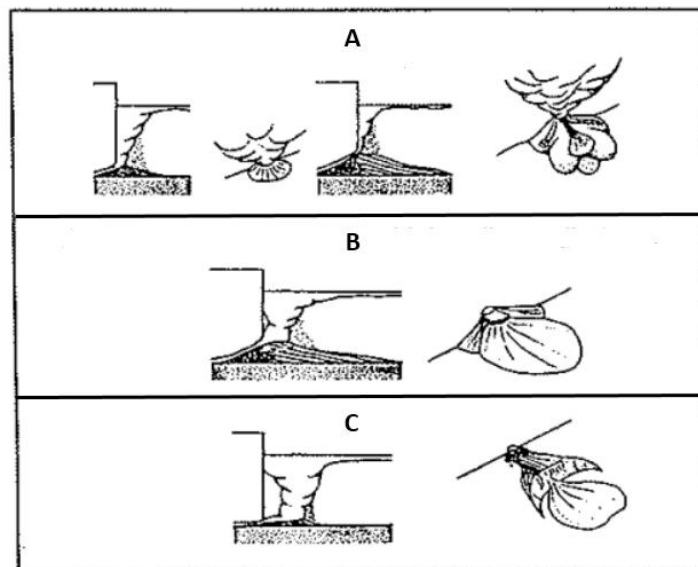


Figura 6. Esquema representativo del comportamiento de las plumas de sedimentos, de acuerdo a la intensidad de la descarga de agua (Powell & Domack, 2002). (A) Descargas bajas de aguas con pocos sedimentos; (B) descargas intermedias de aguas con descargas moderadas de sedimentos; y (C) descargas altas de aguas y sedimentos.

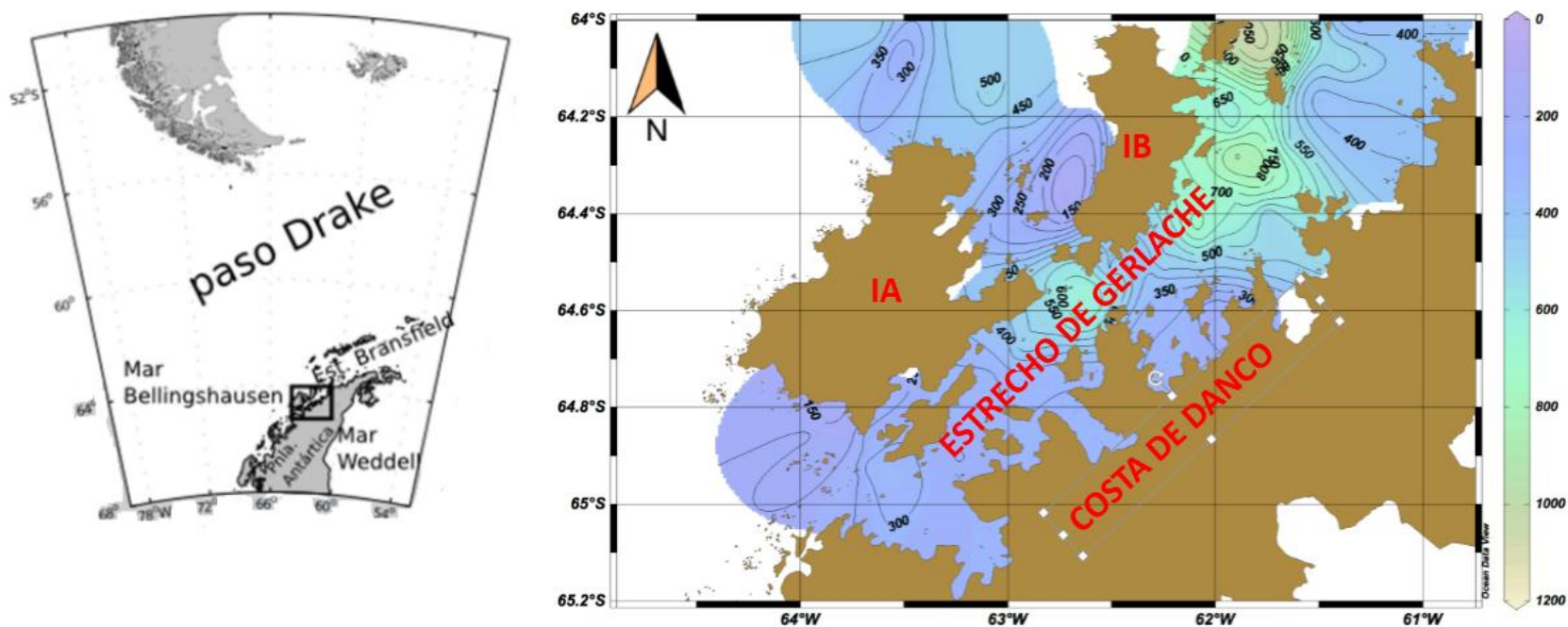


Figura 7. Localización geográfica y batimetría (escala de 0 a 1200 m) del estrecho de Gerlache en la península Antártica (IB: Isla Brabante, e IA: Isla Anvers, correspondiente al archipiélago Palmer) (Modificado de Messina, 2013).

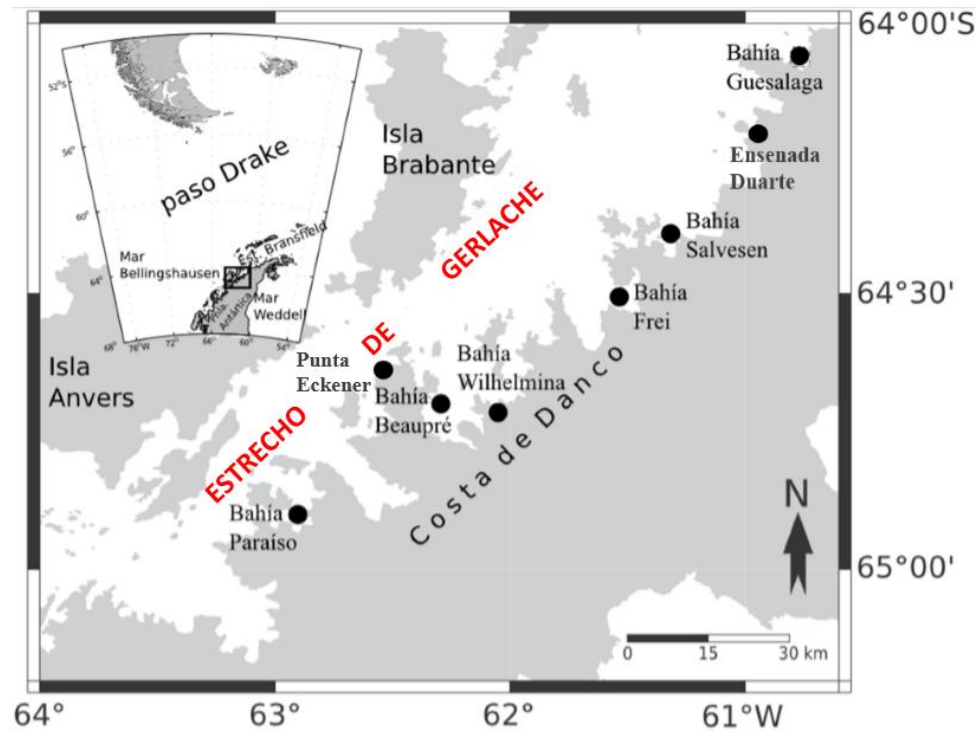


Figura 8. Localización geográfica de las bahías estudiadas en la península Antártica (de acuerdo a los nombres oficiales descritos en las cartas náuticas del SHOA). Campaña 2013: bahía Guesalaga (Curtiss Bay), bahía Frei (Recess Cove), bahía Beupré (Beaupre Cove) y bahía Paraíso (Paradise Harbour y Oscar Cove); Campaña 2014: caleta Salvesen (en el sur de Salvesen Cove) y bahía Frei; Campaña 2015: ensenada Duarte, Frei, punta Eckener (Eckener Point), bahía Wilhelmina (Wilhelmina Bay) y bahía Paraíso.

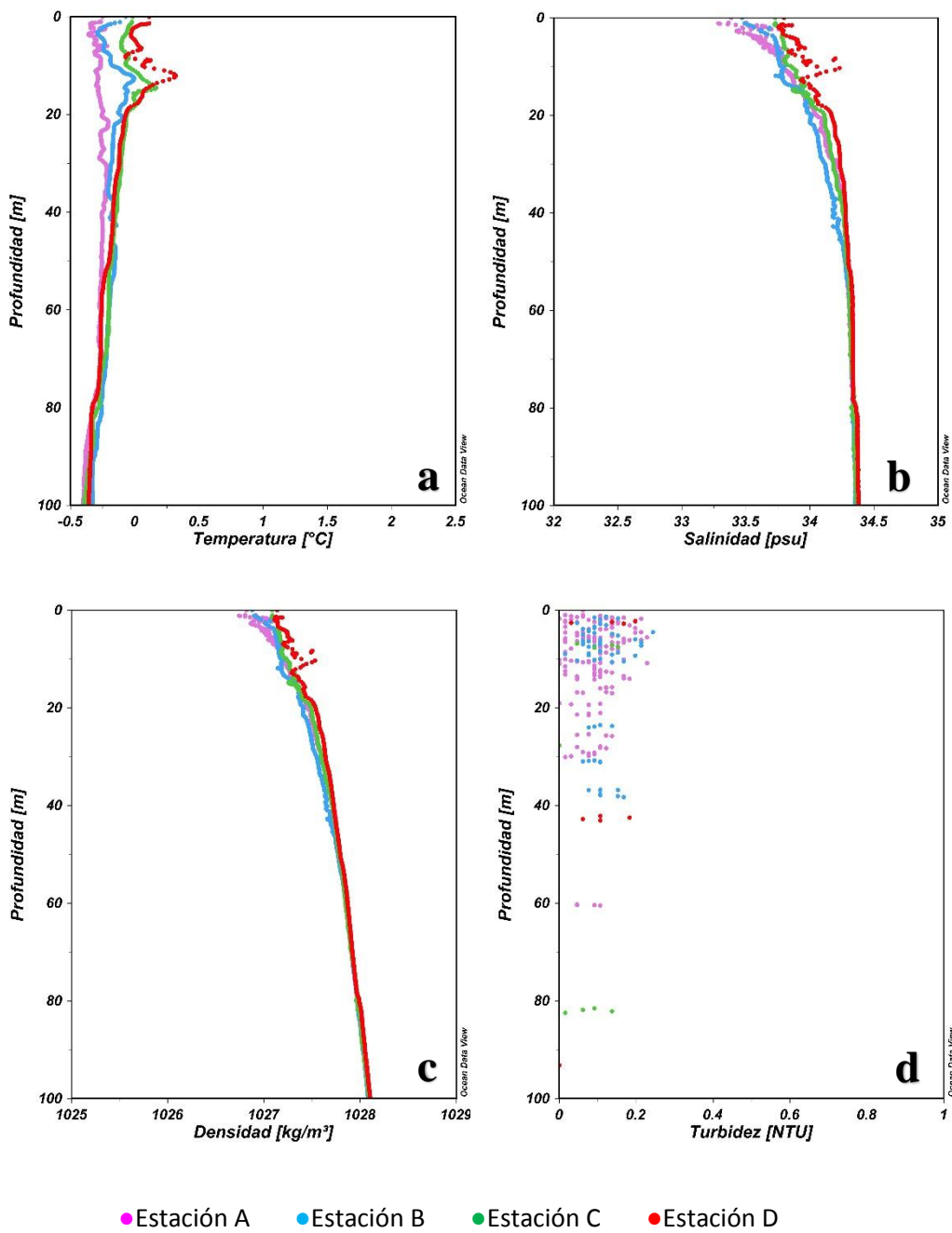


Figura 9. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Guesalaga, campaña Antártica 2013. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

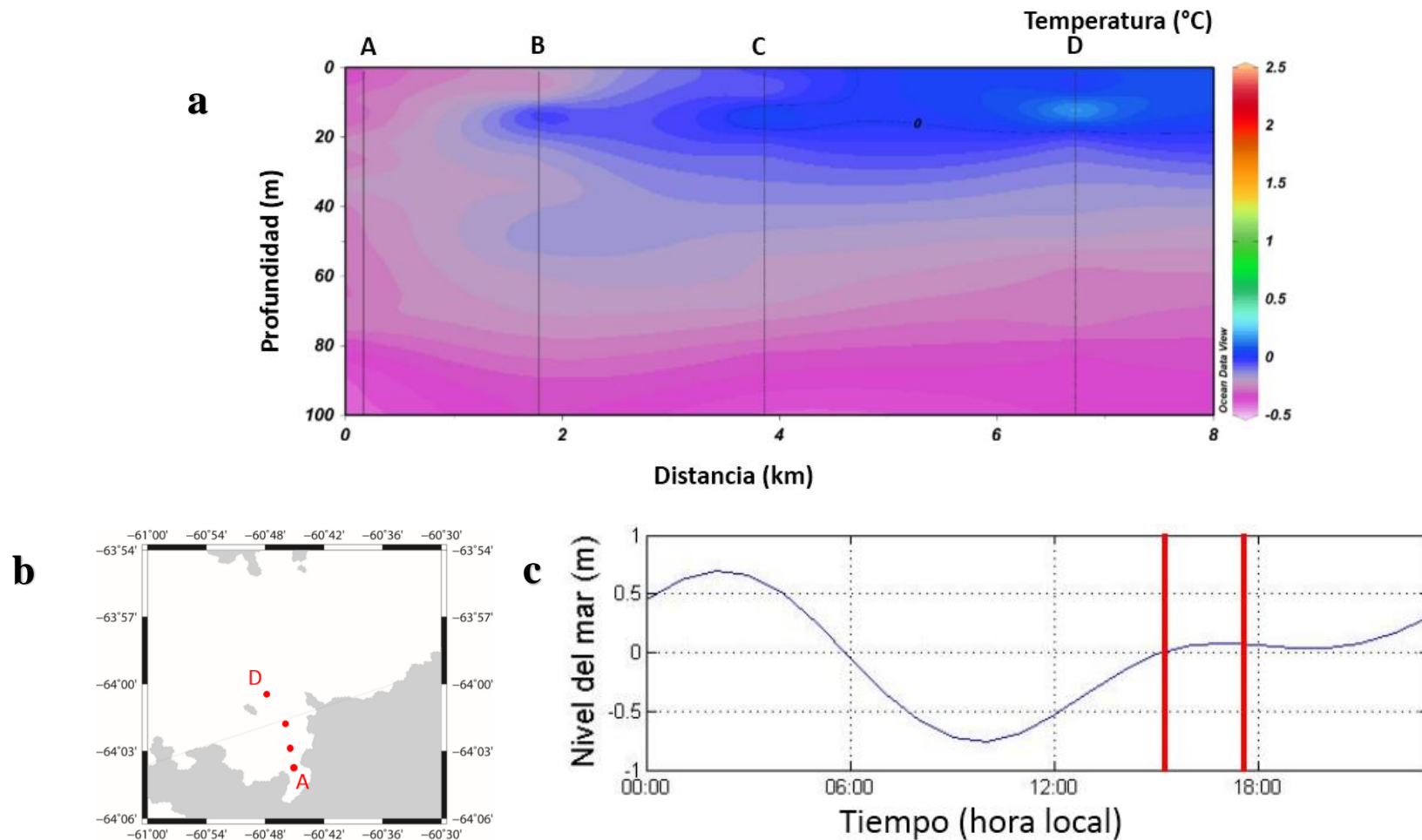


Figura 10. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Guesalaga, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Guesalaga; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Guesalaga.

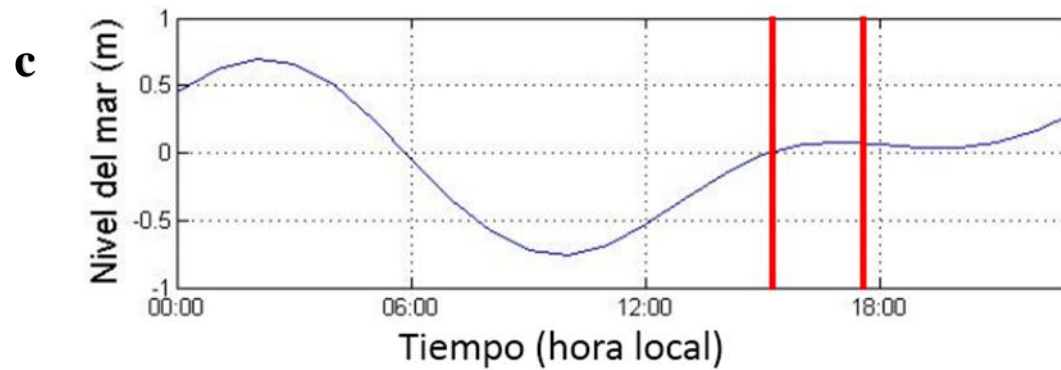
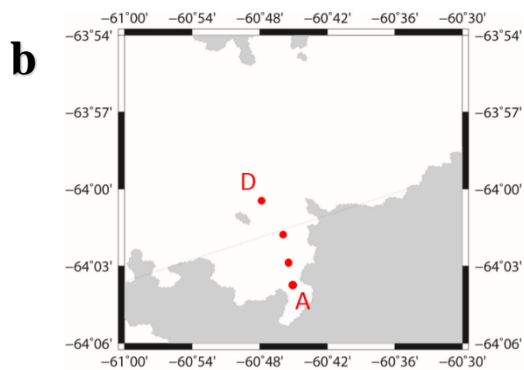
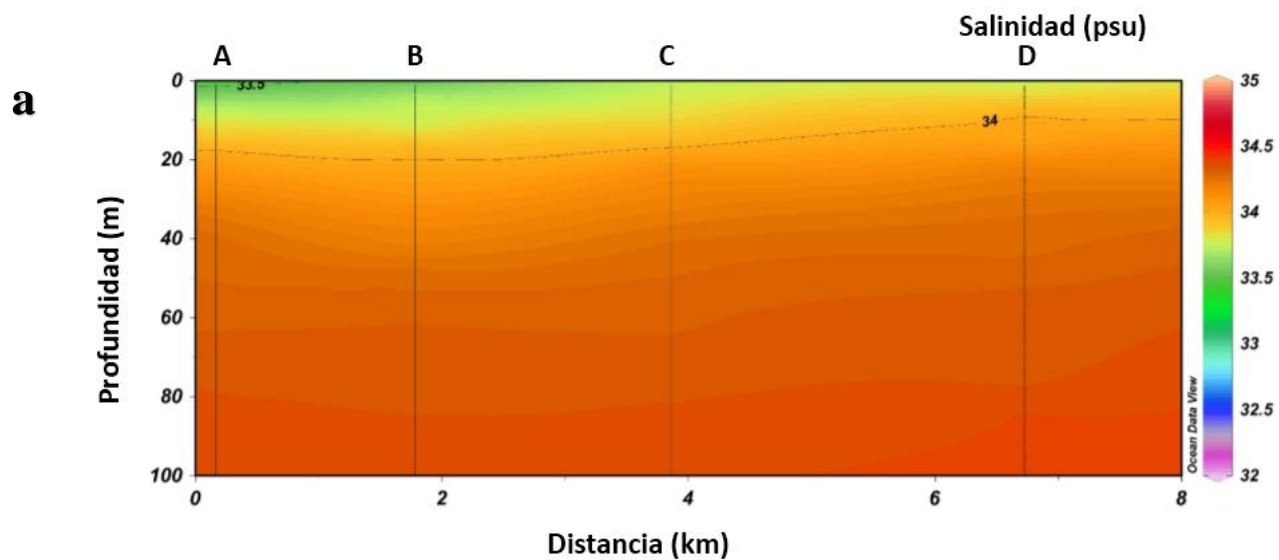


Figura 11. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Guesalaga, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Guesalaga; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Guesalaga.

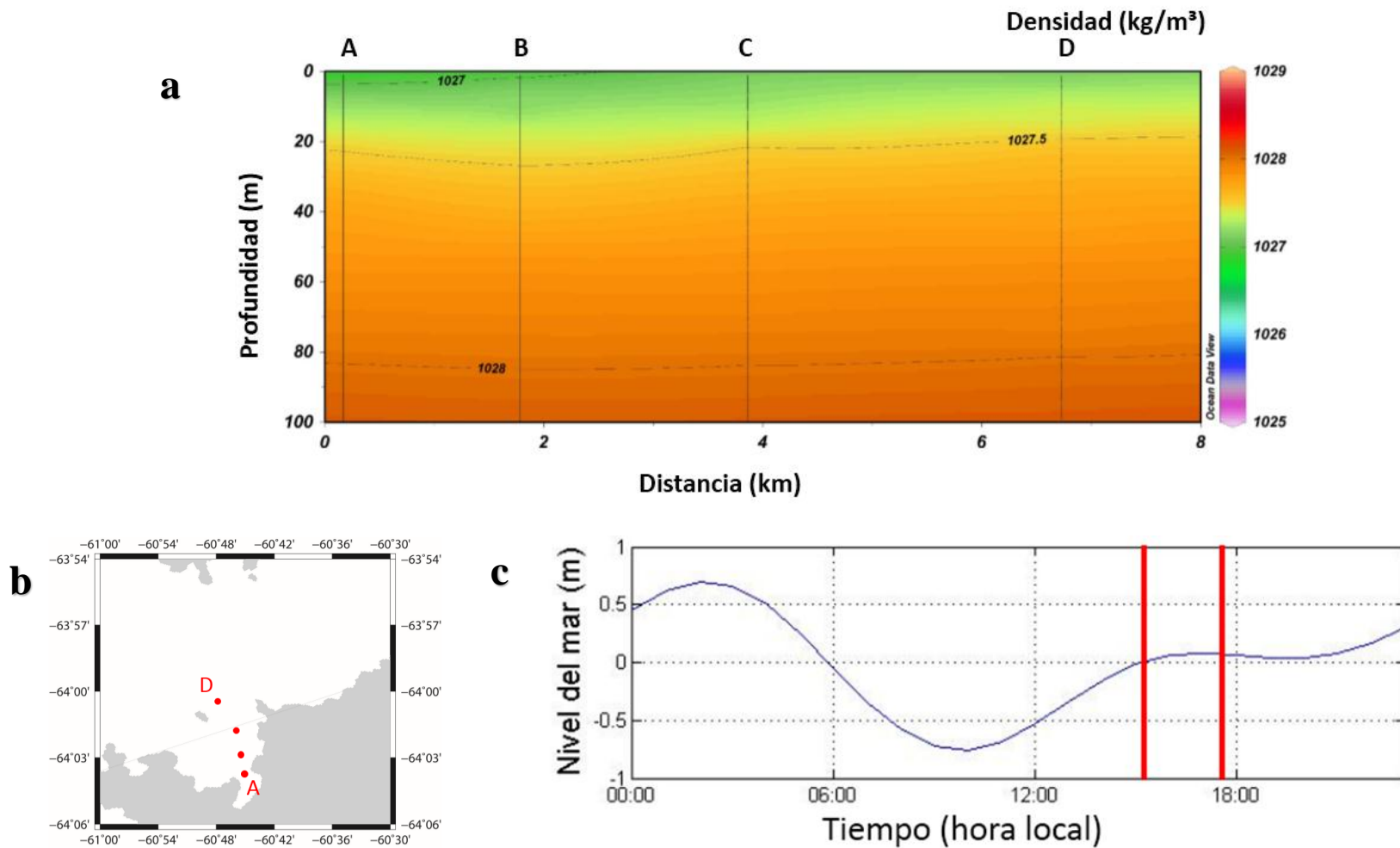


Figura 12. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Guesalaga, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Guesalaga; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Guesalaga.

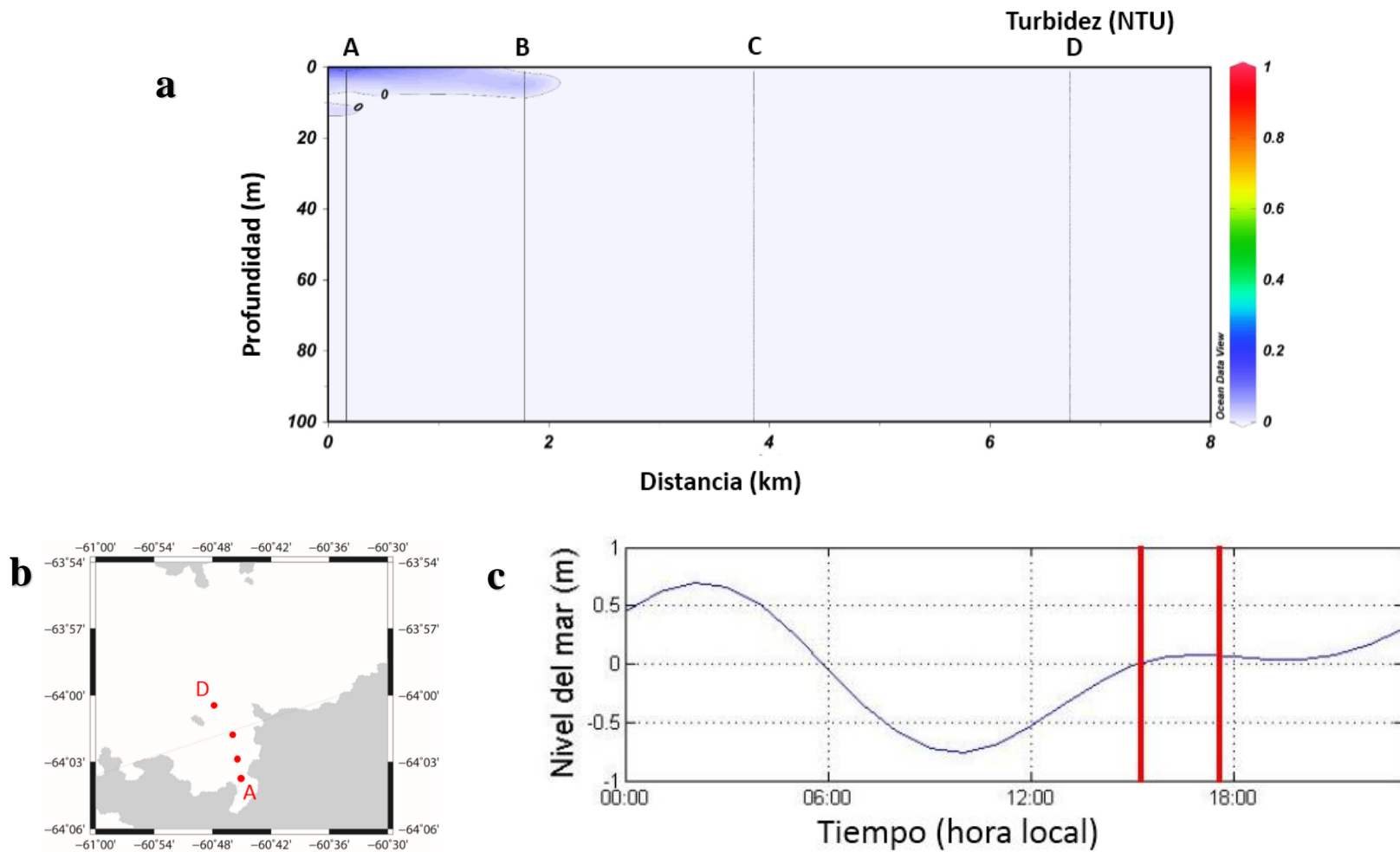


Figura 13. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Guesalaga, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Guesalaga; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Guesalaga.

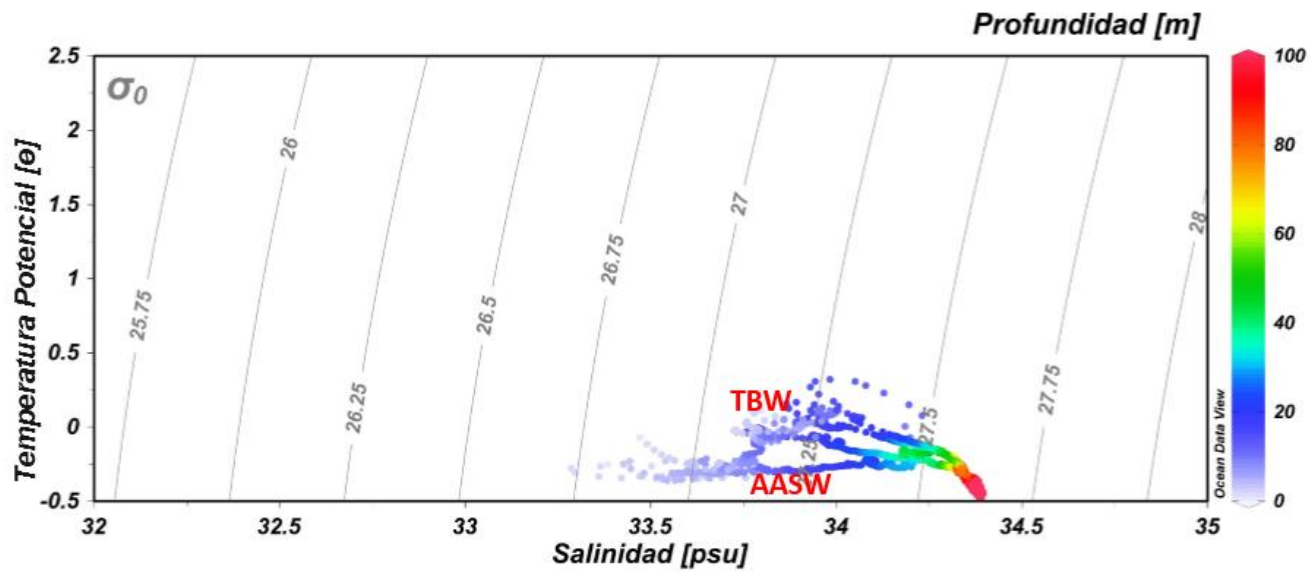


Figura 14. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Guesalaga, campaña Antártica 2013. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial y AASW: Agua Superficial Antártica.

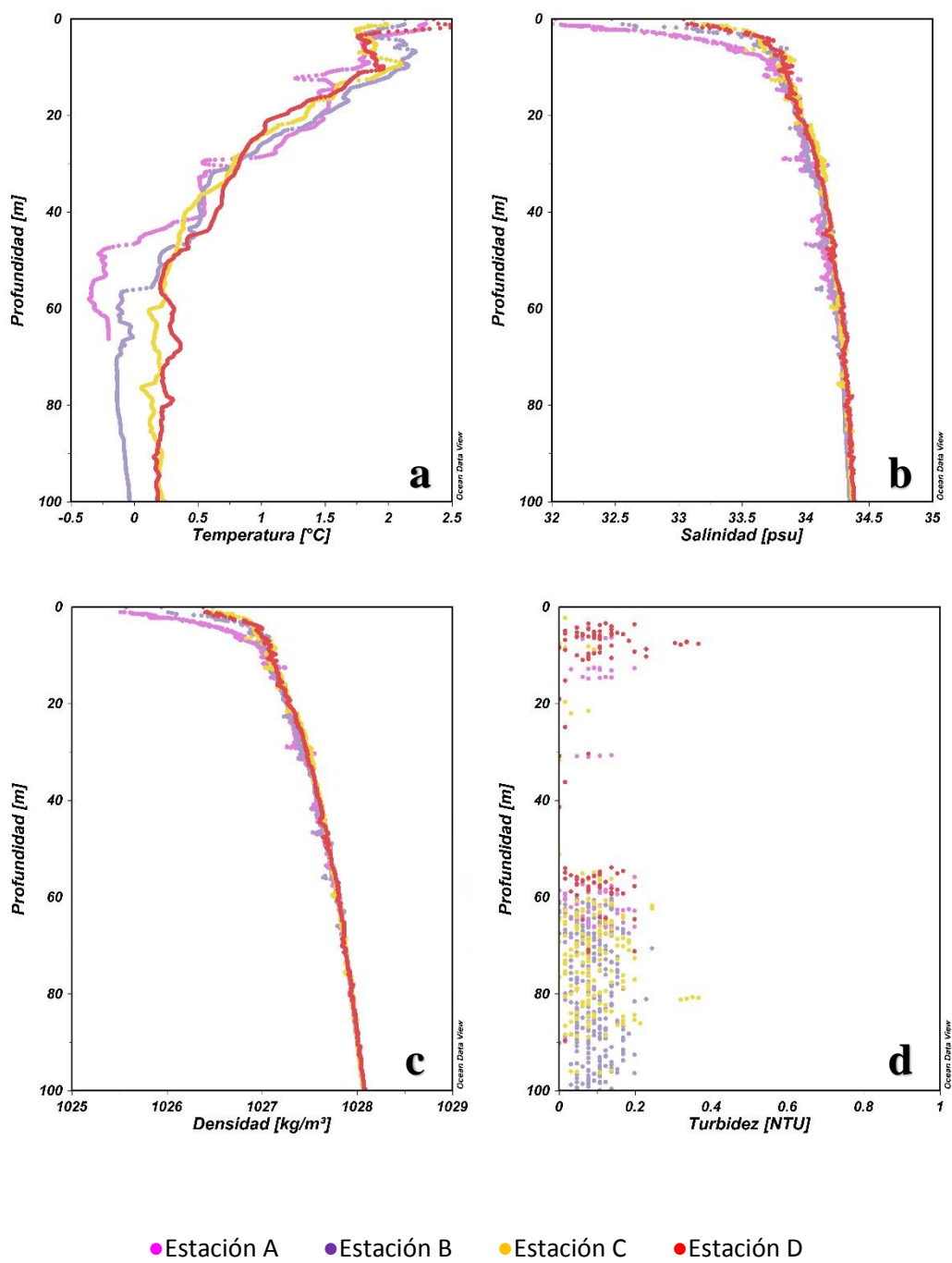


Figura 15. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Frei, campaña Antártica 2013. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

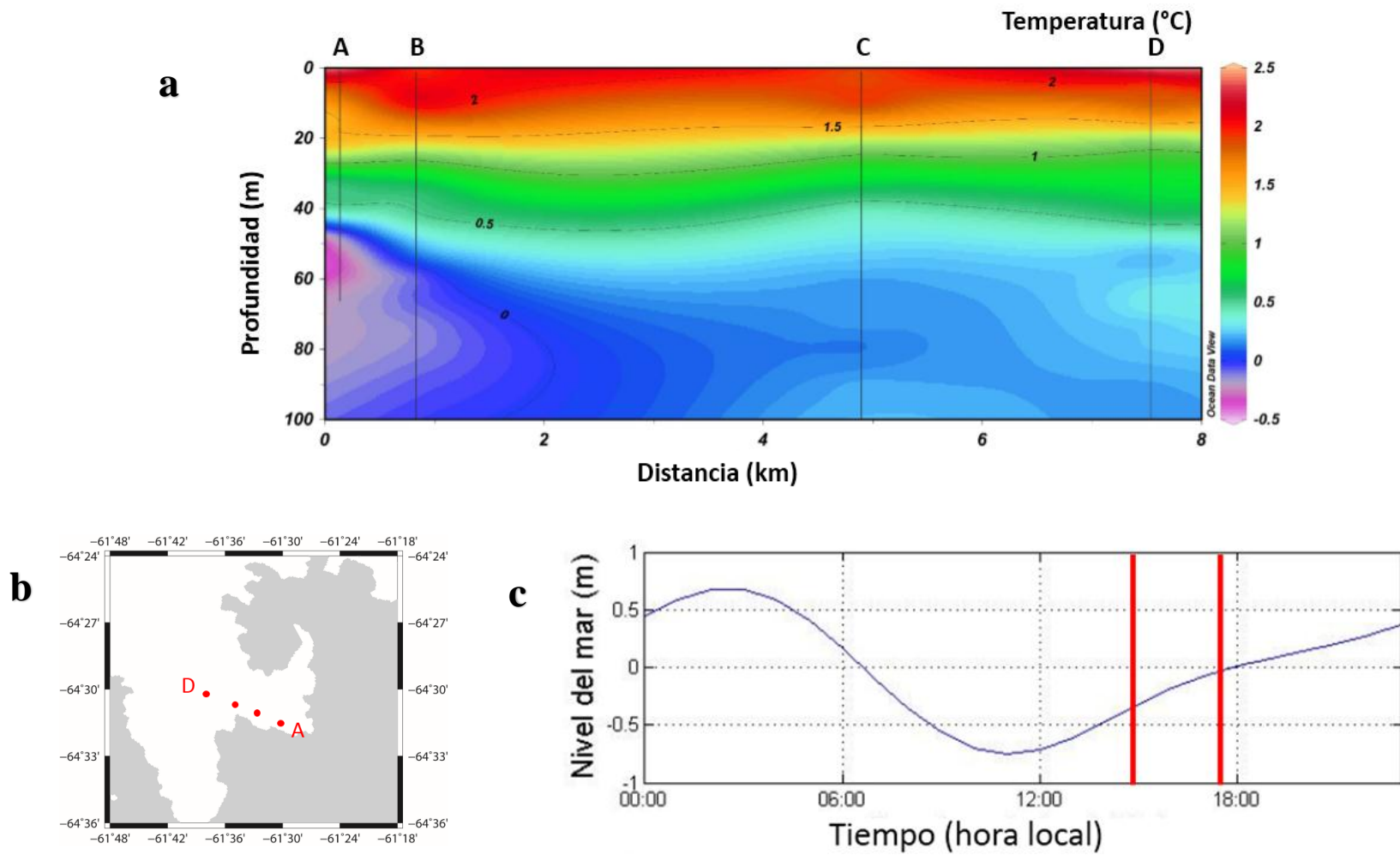


Figura 16. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Frei.

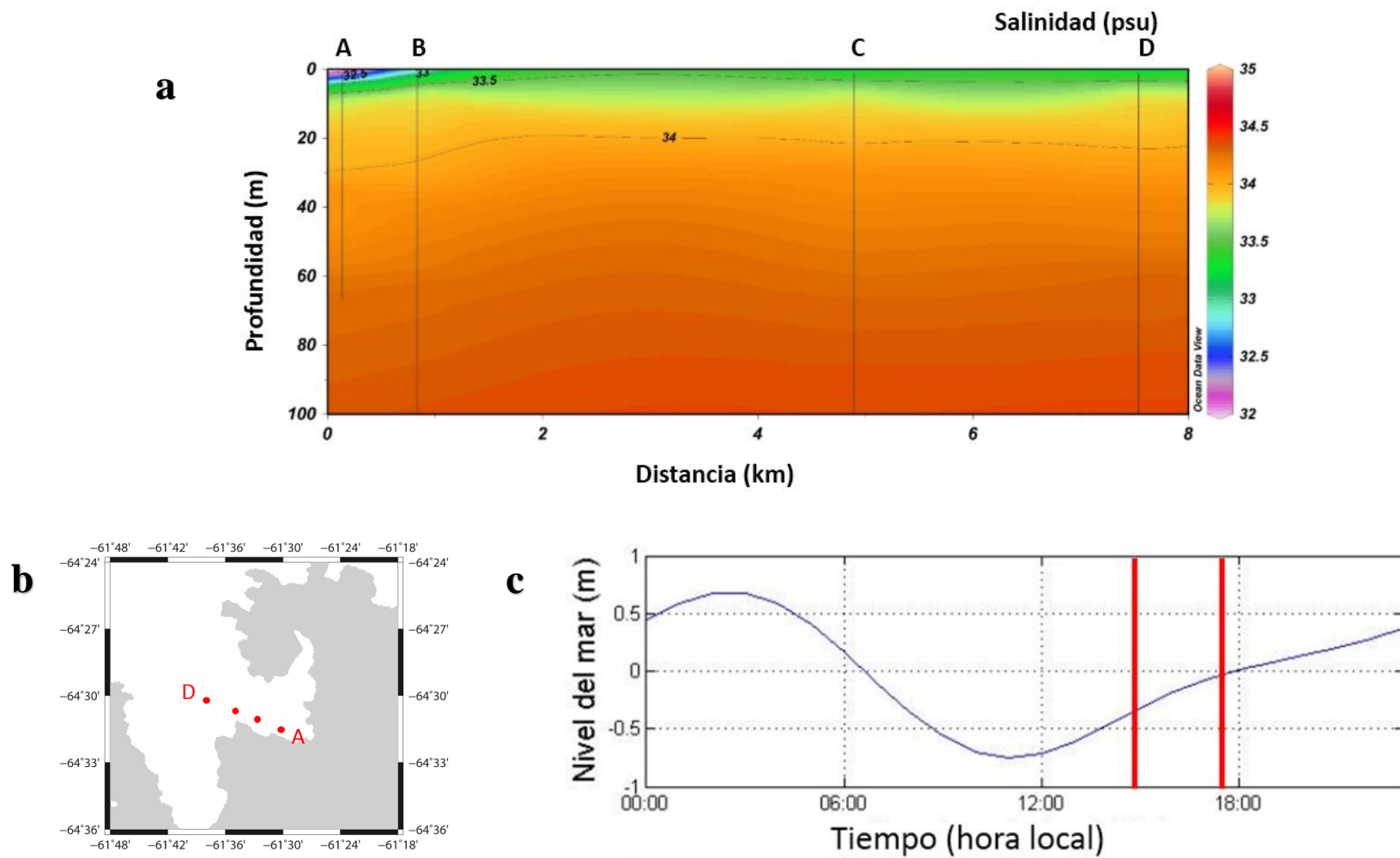


Figura 17. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Frei.

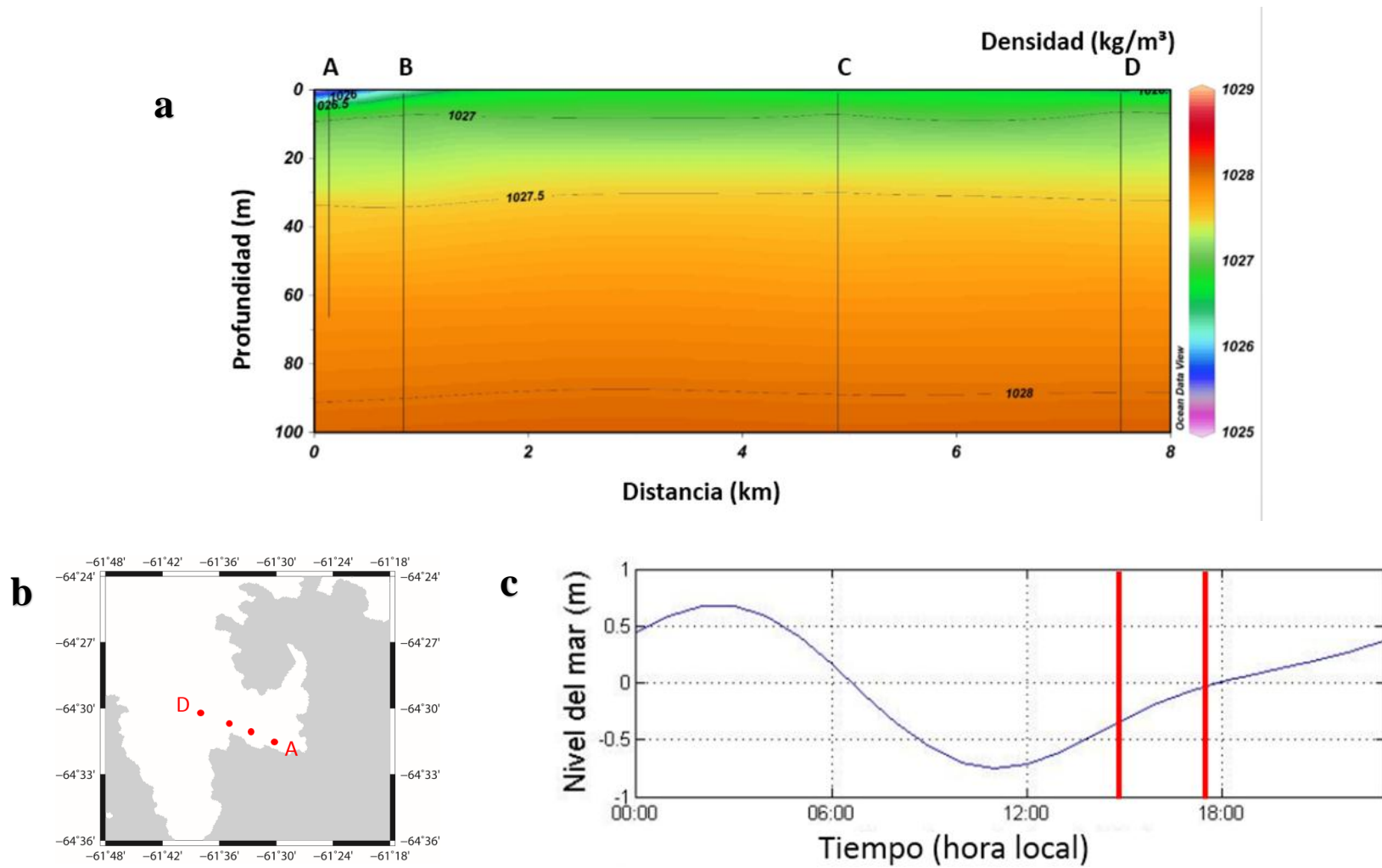


Figura 18. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Frei.

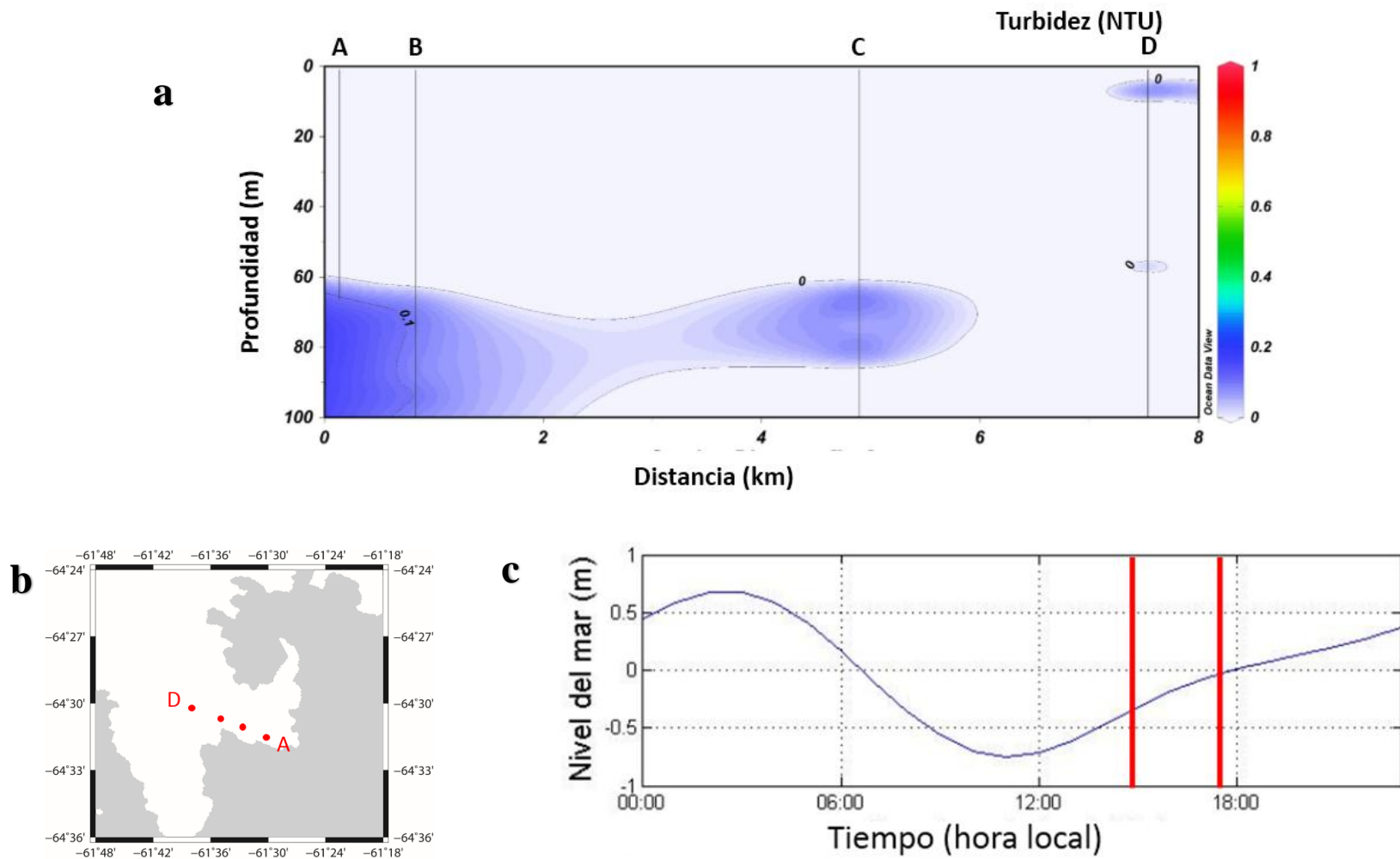


Figura 19. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

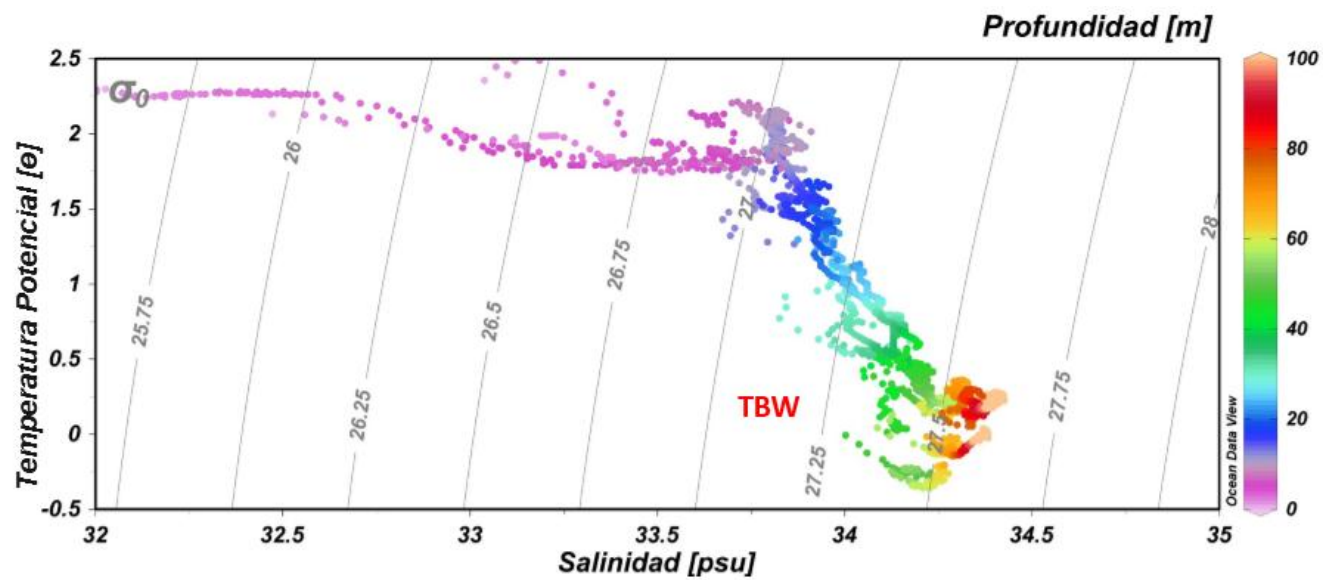
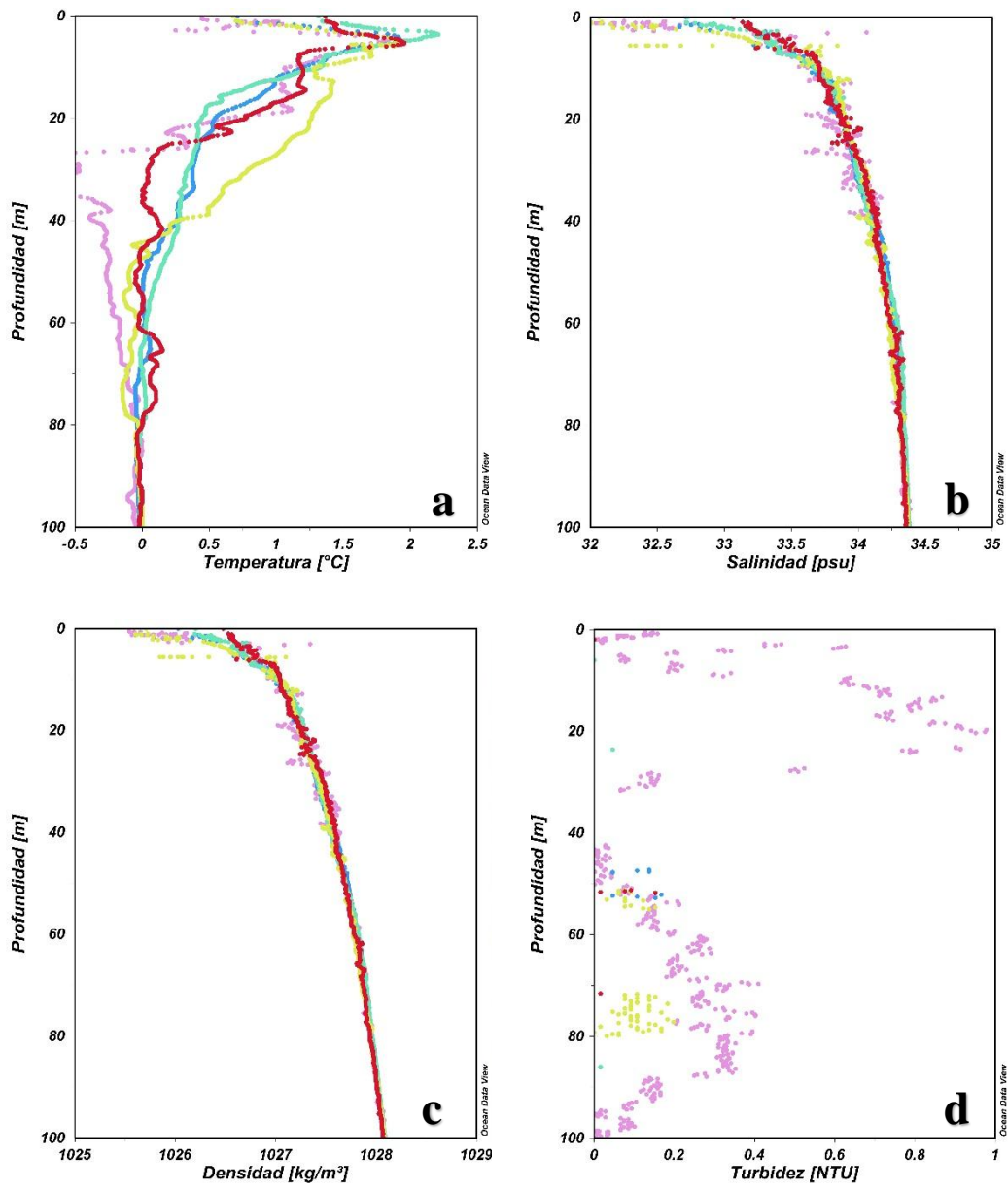


Figura 20. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Frei, campaña Antártica 2013. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.



● Estación A ● Estación B ● Estación C ● Estación D ● Estación E

Figura 21. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Beaupré, campaña Antártica 2013. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

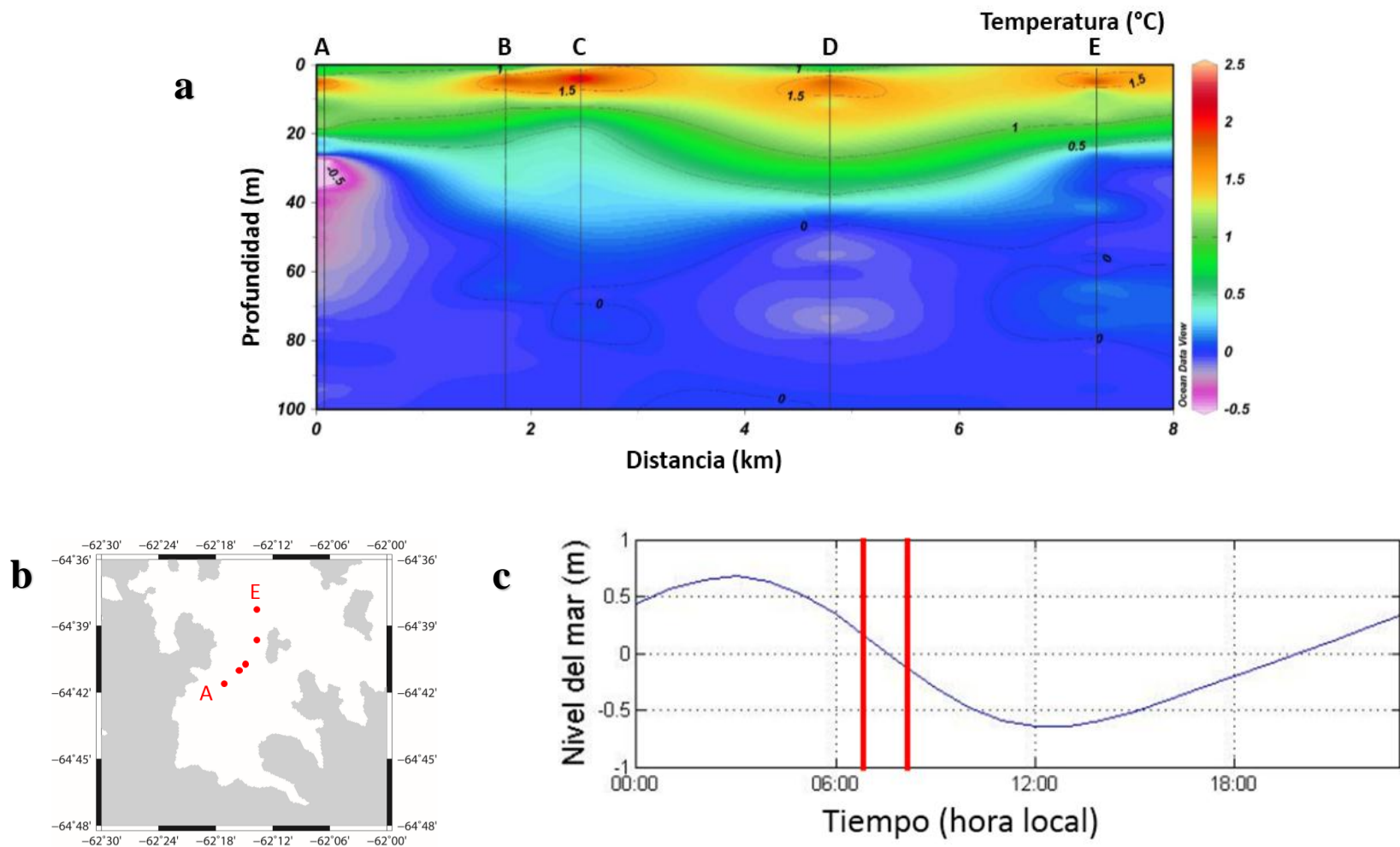


Figura 22. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Beupré, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Beupré; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Beupré.

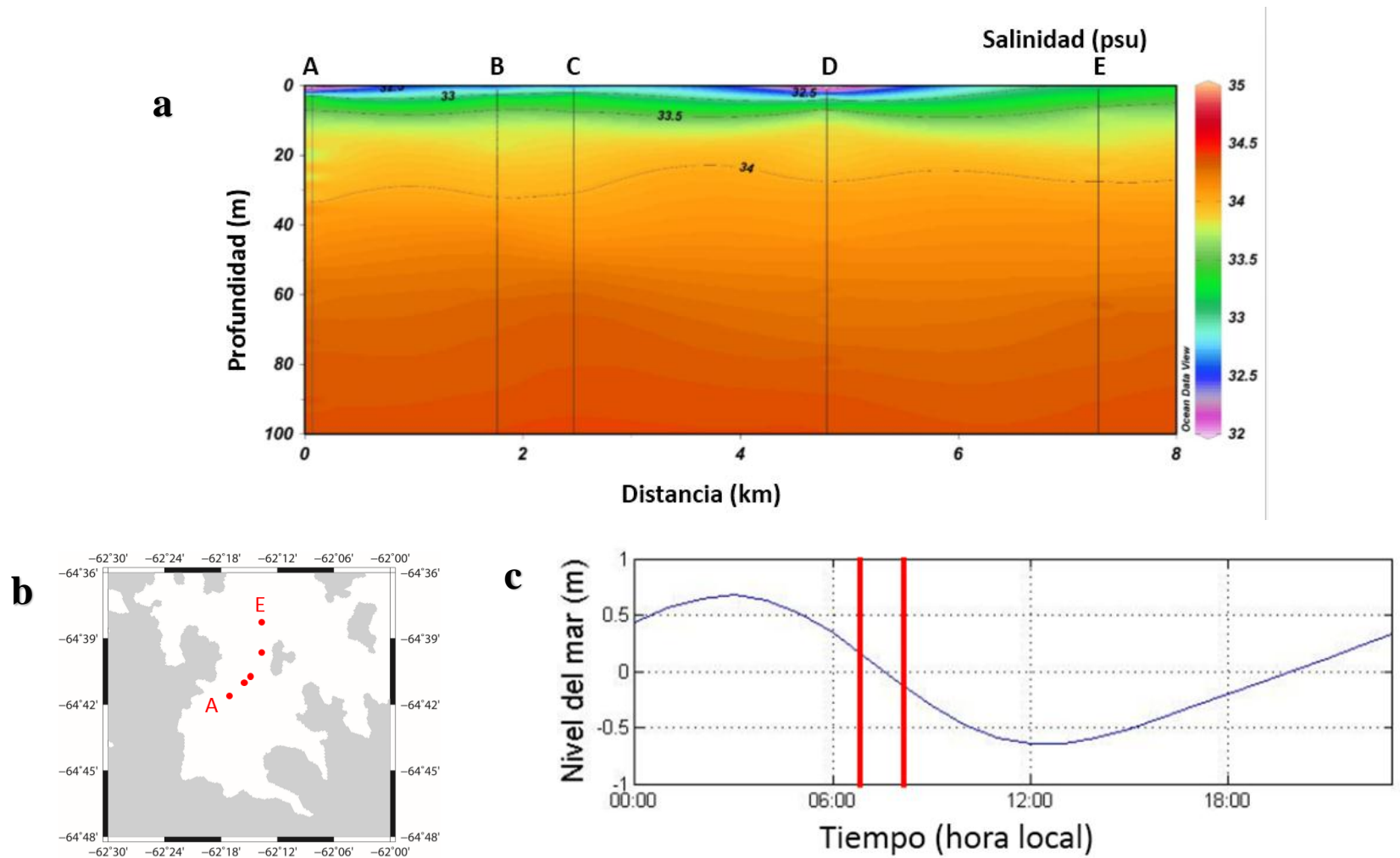


Figura 23. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Beauré, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Beauré; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Beauré.

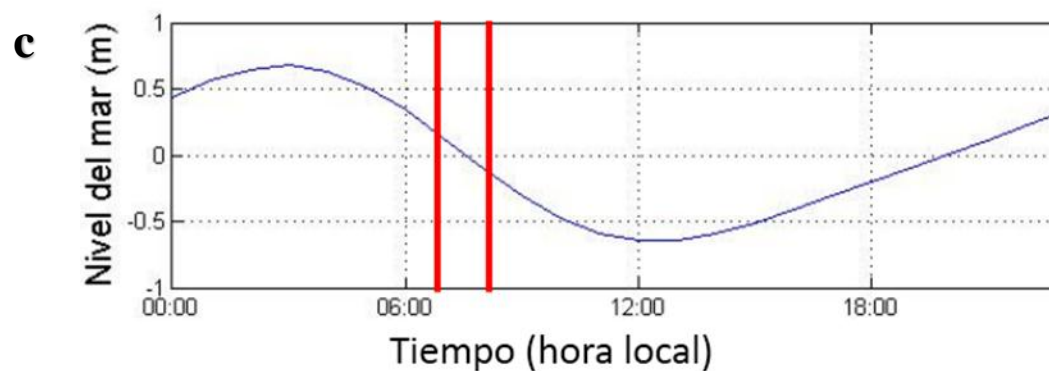
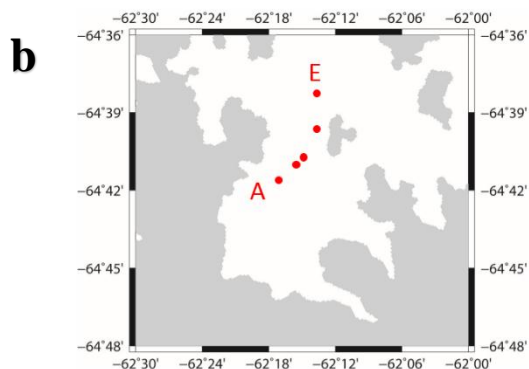
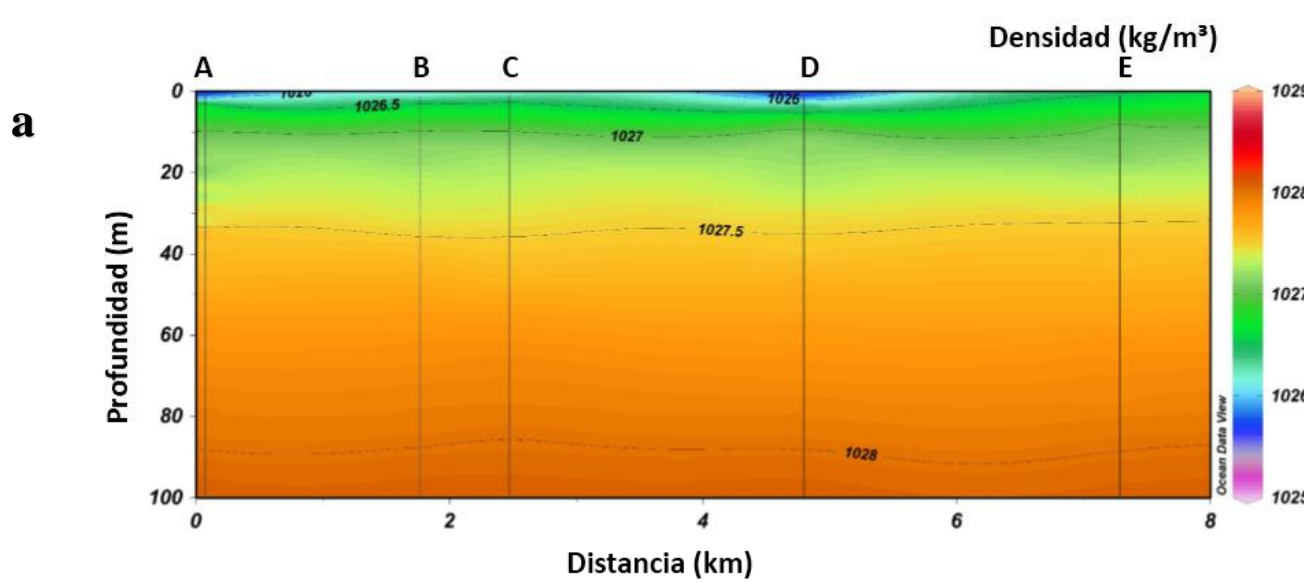


Figura 24. (a) Sección densidad (kg/m^3) en bahía Beupré, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Beupré; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Beupré.

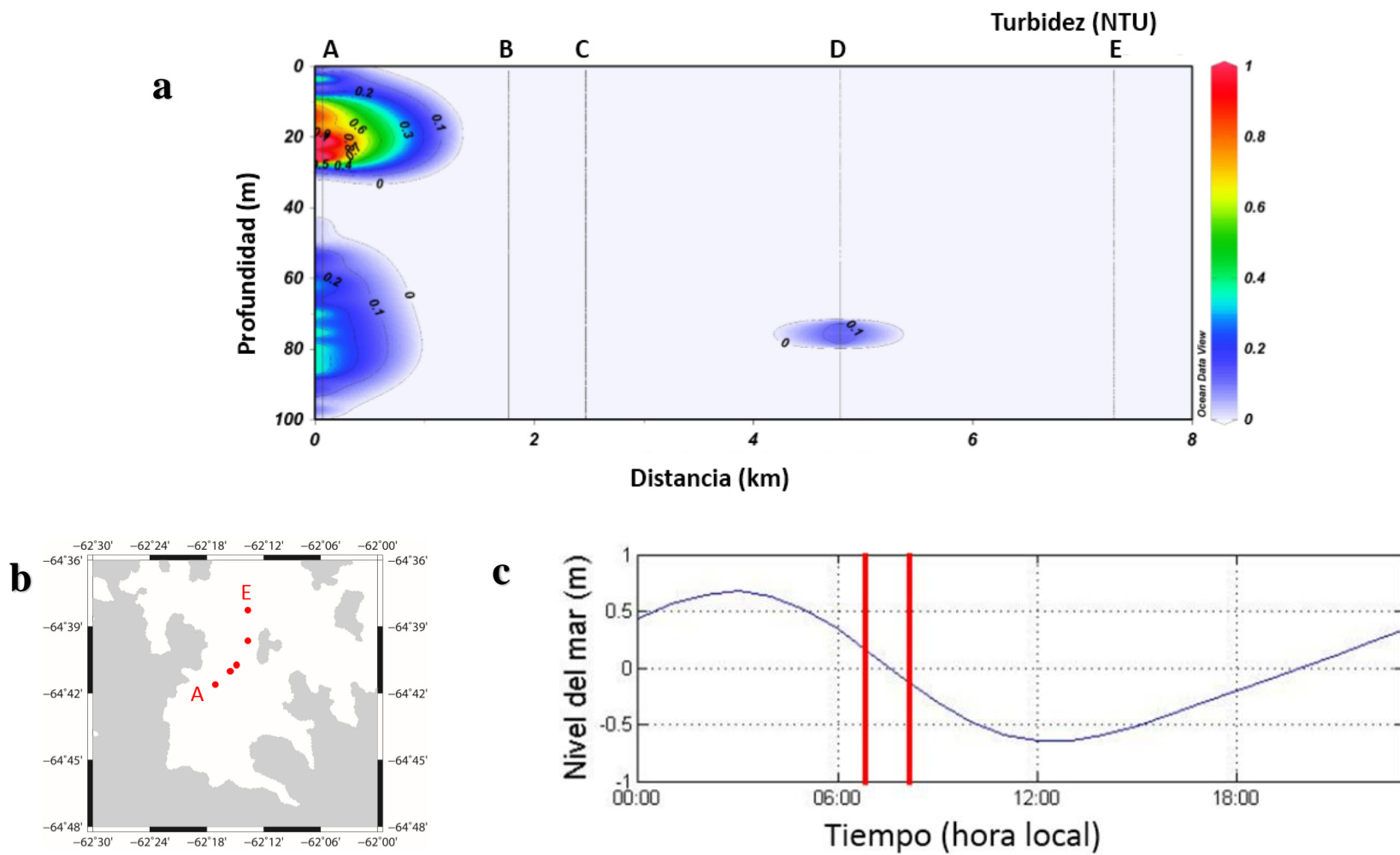


Figura 25. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Beupré, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Beupré; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjitas rojas) en bahía Beupré.

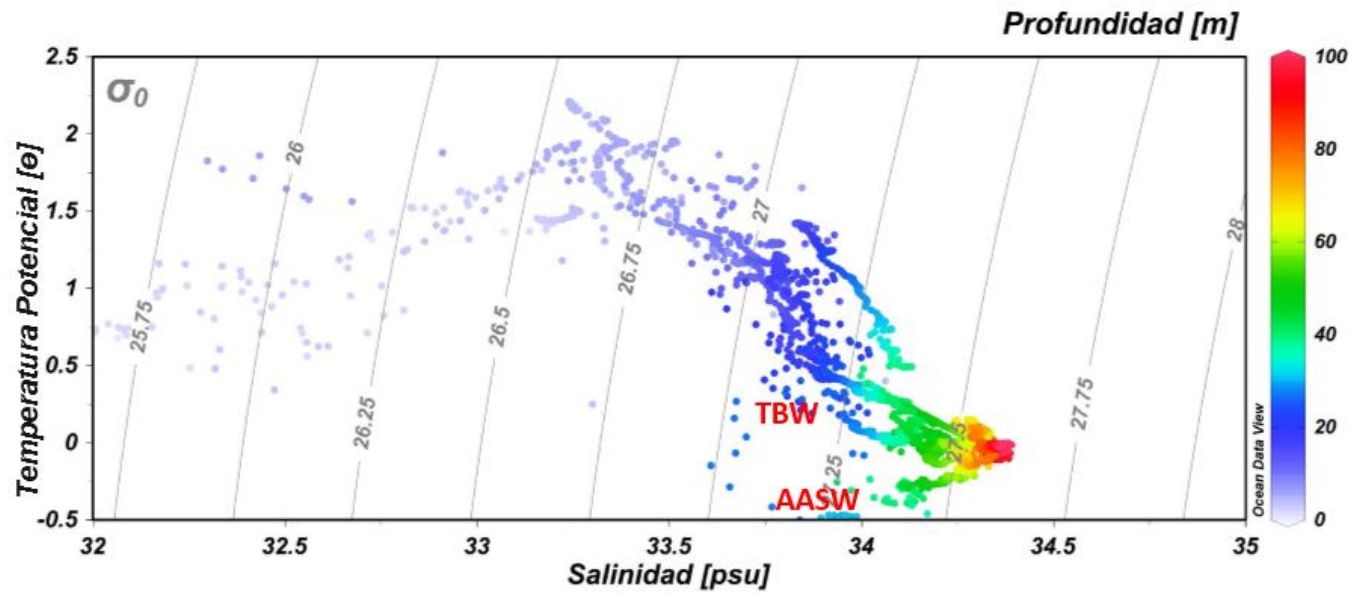


Figura 26. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Beupré, campaña Antártica 2013. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial y AASW: Agua Superficial Antártica.

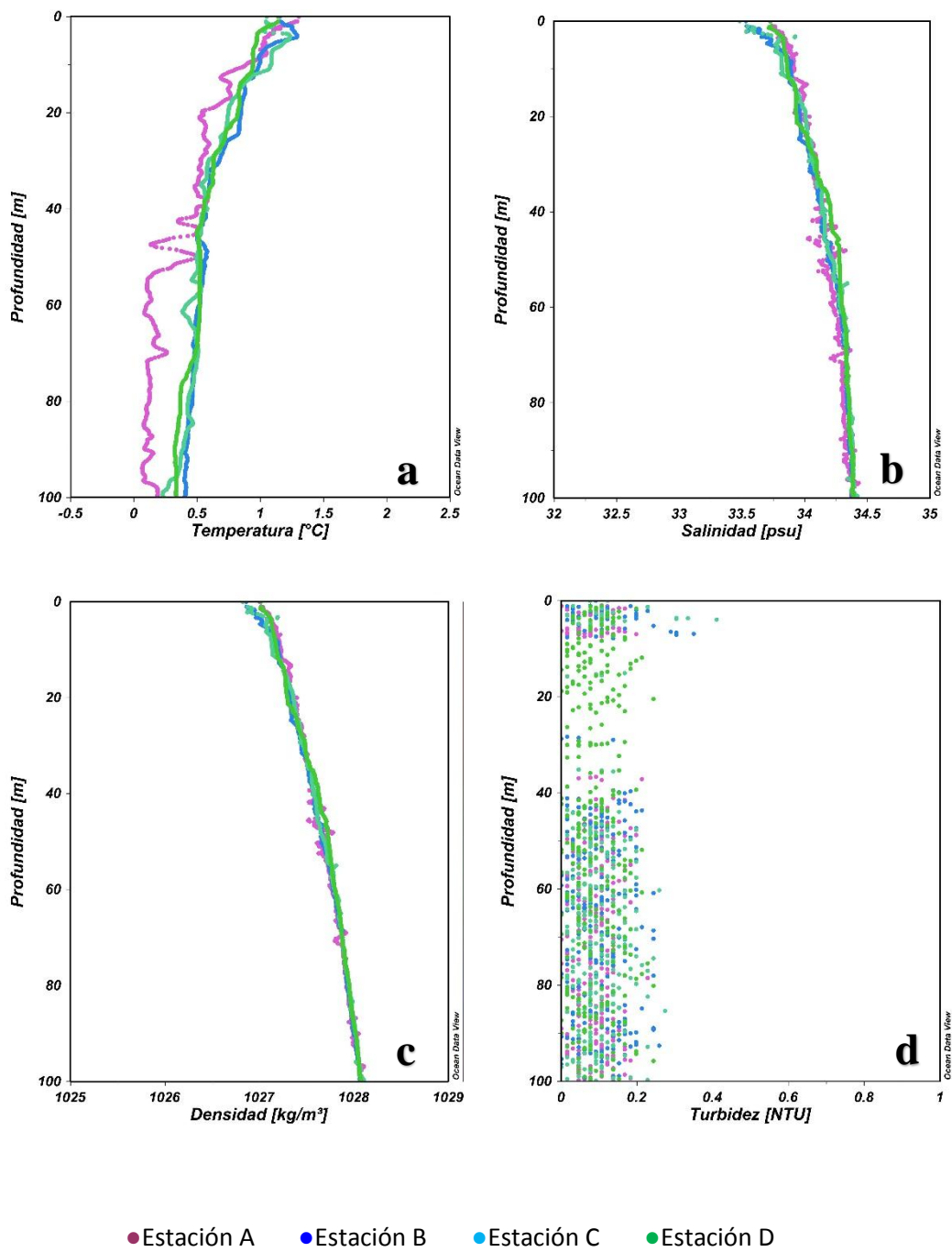


Figura 27. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Paraíso, campaña Antártica 2013. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

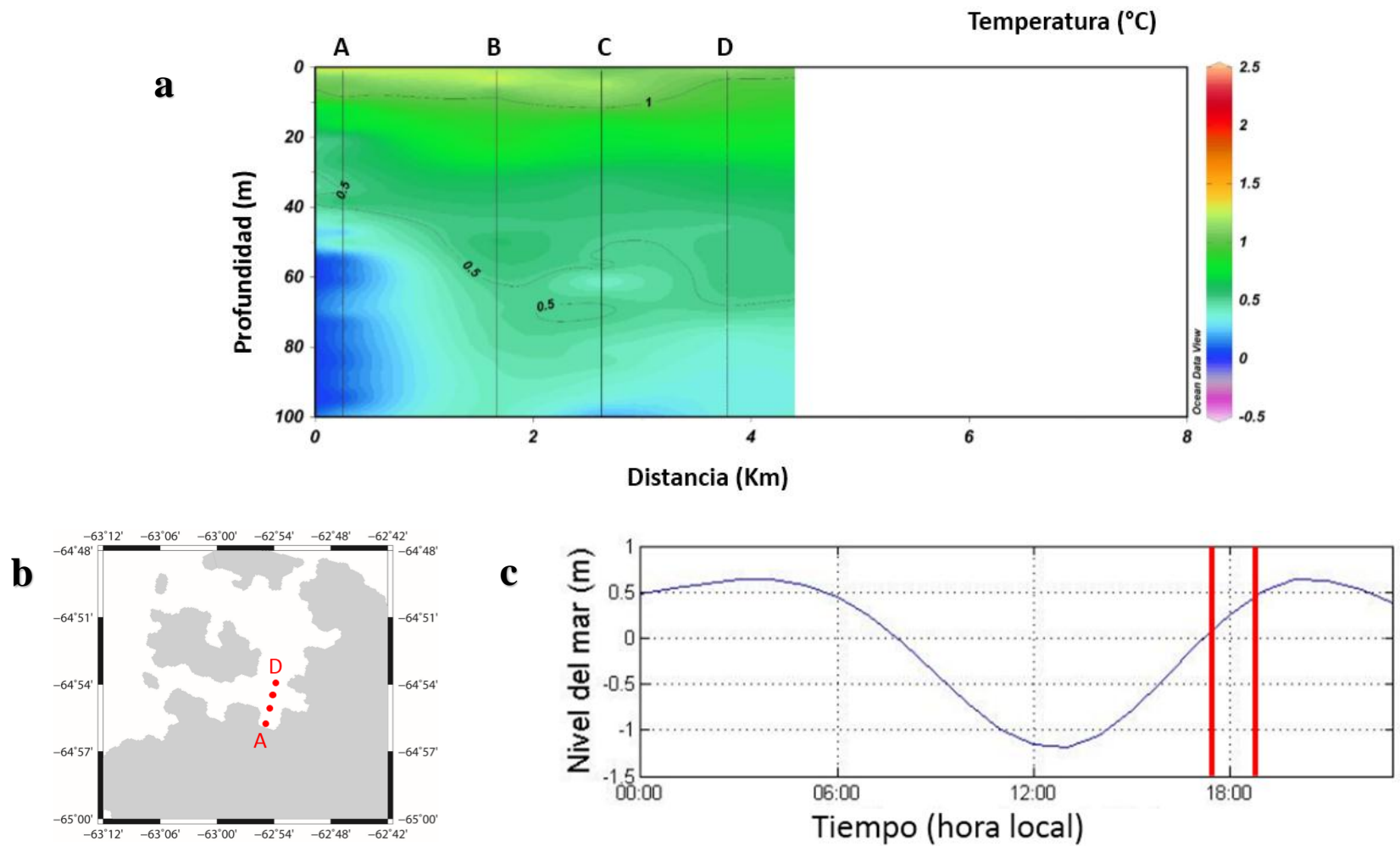


Figura 28. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Paraíso; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Paraíso.

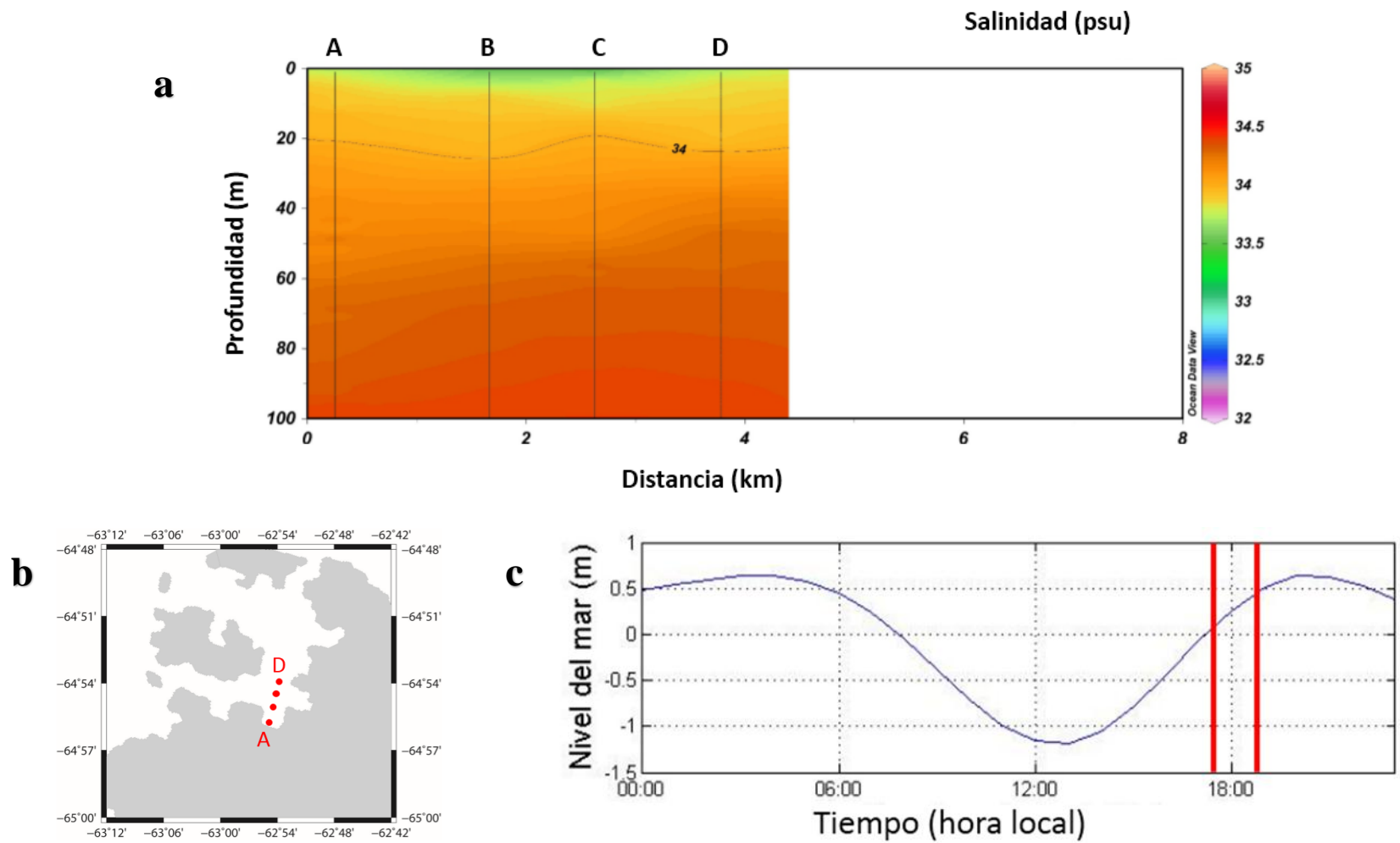


Figura 29. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Paraíso; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

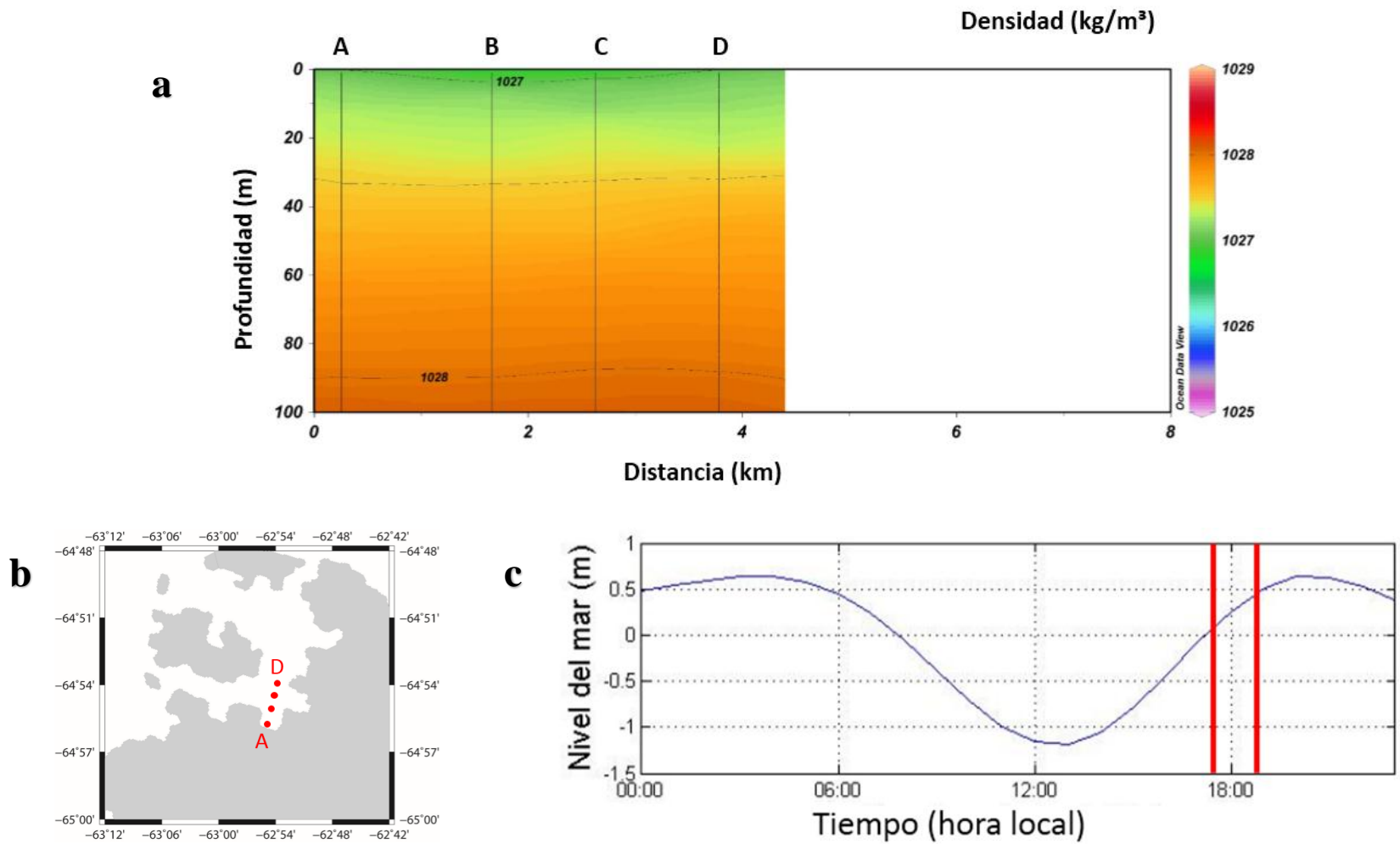


Figura 30. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Paraíso; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

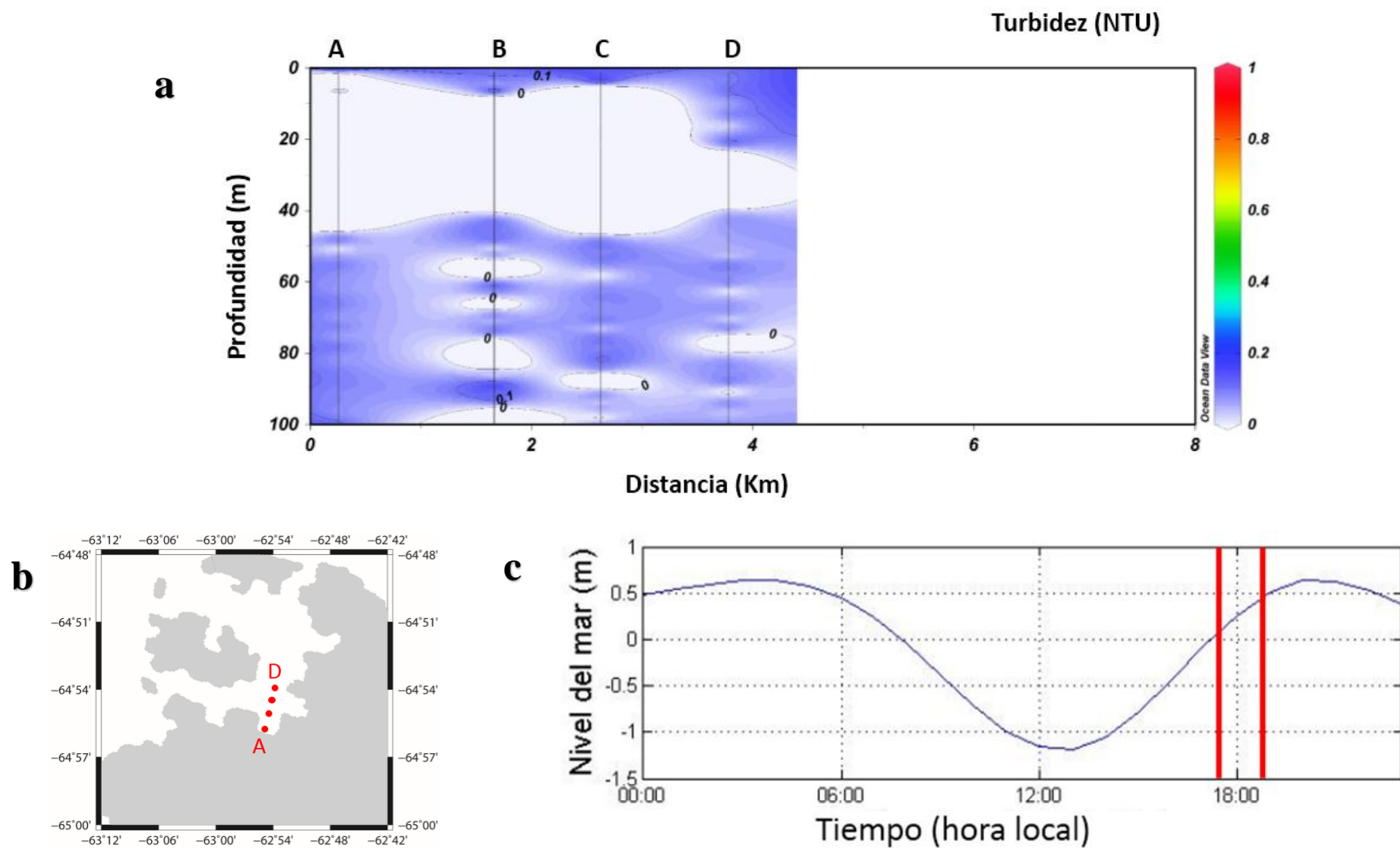


Figura 31. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2013. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Paraíso; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

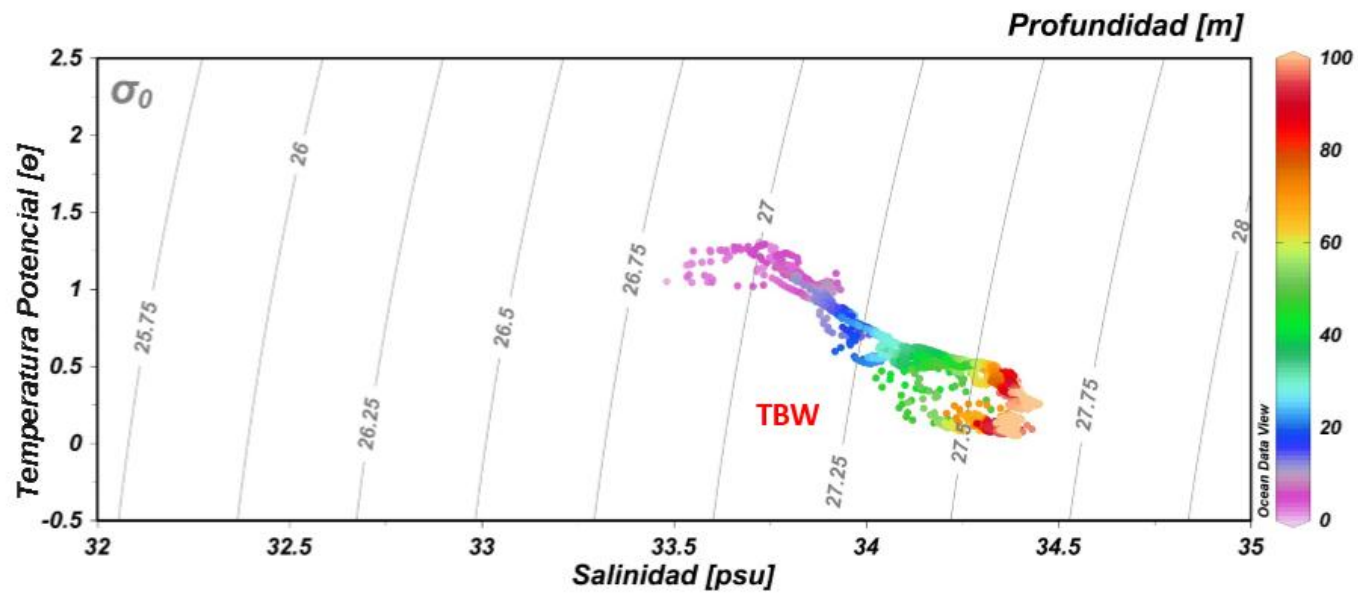


Figura 32. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Paraíso, campaña Antártica 2013. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.

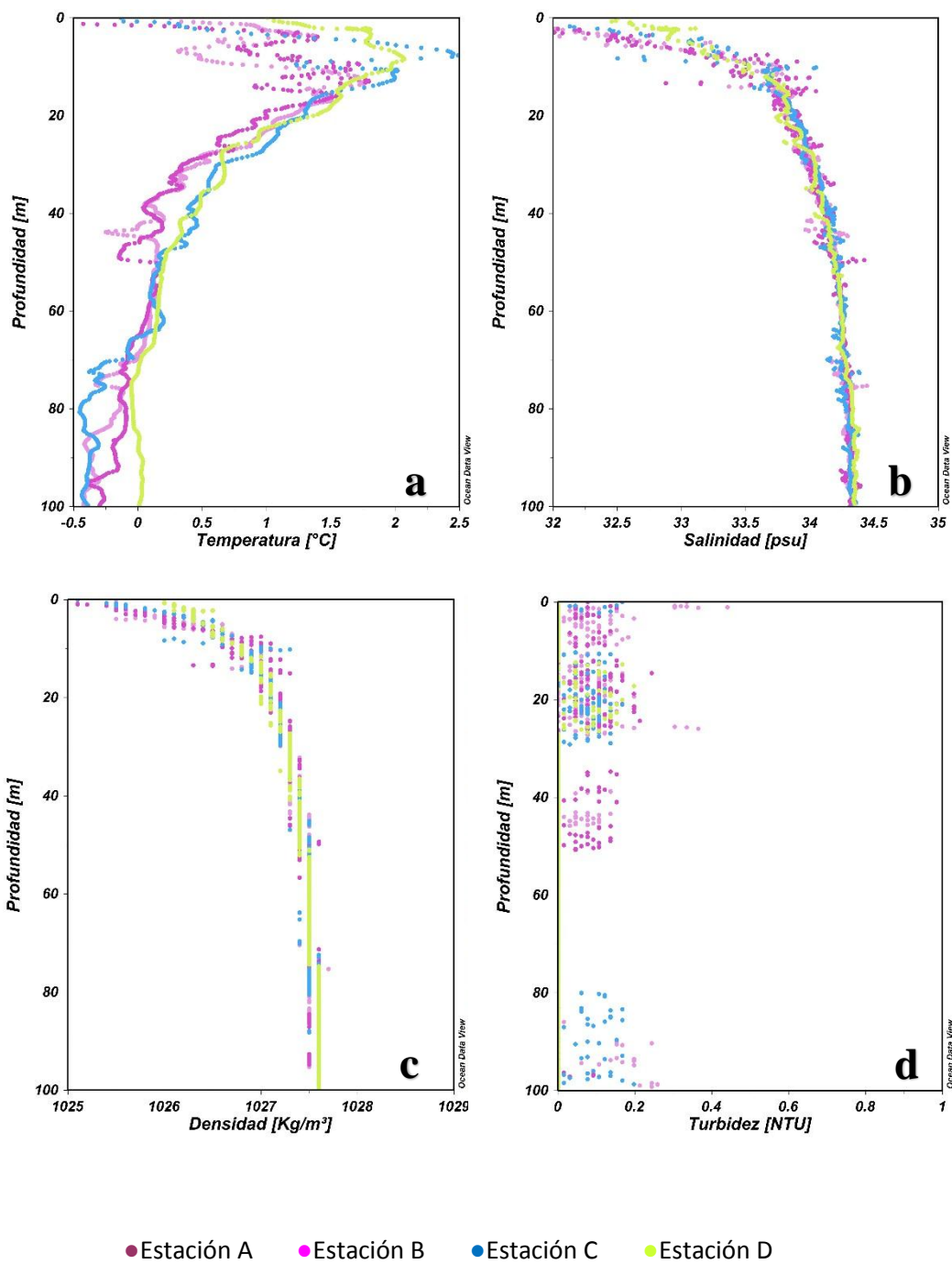


Figura 33. Perfiles de variables oceanográficas en caleta Salvesen, campaña Antártica 2014. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

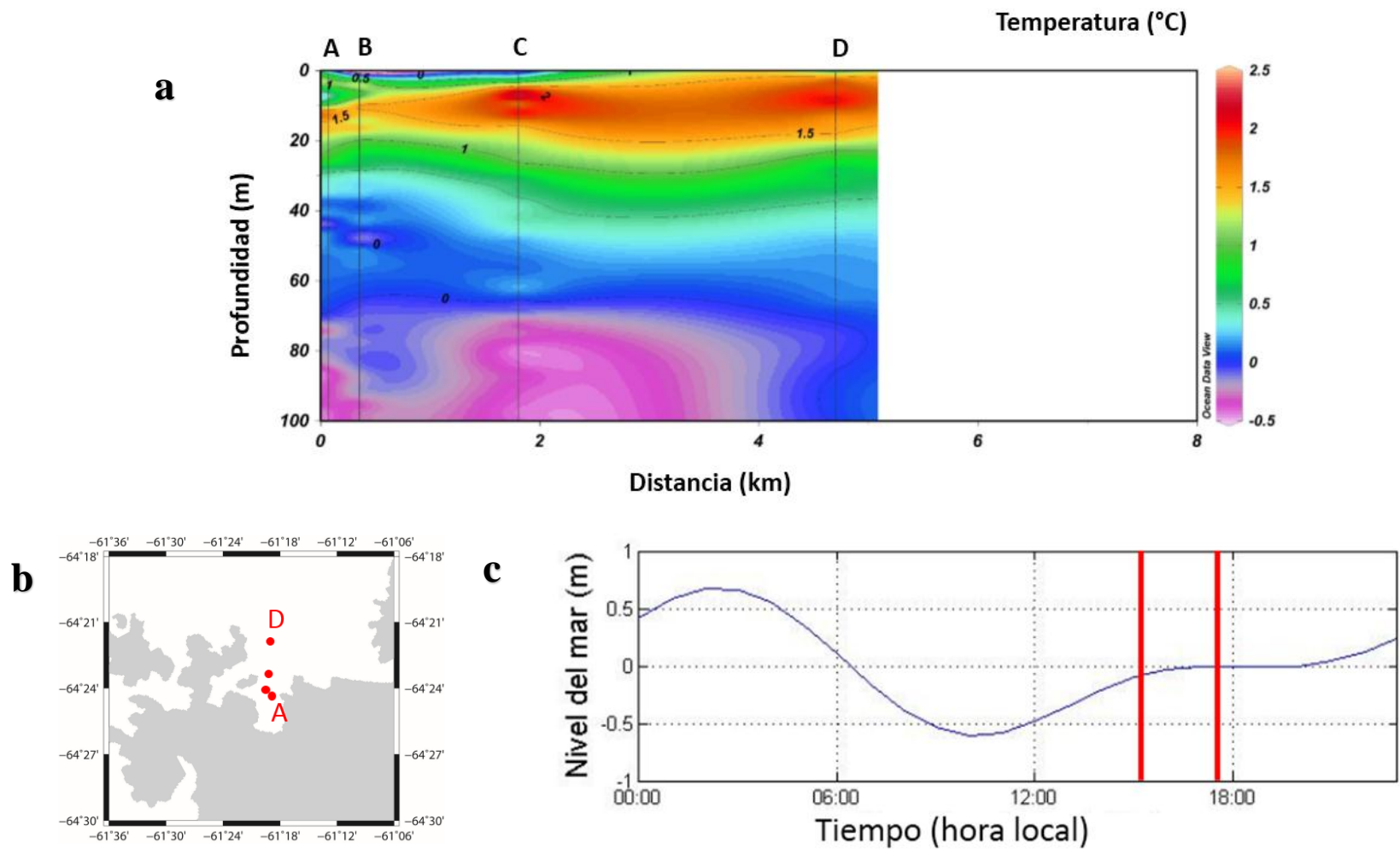


Figura 34. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en caleta Salvesen, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en caleta Salvesen; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjitas rojas) en caleta Salvesen.

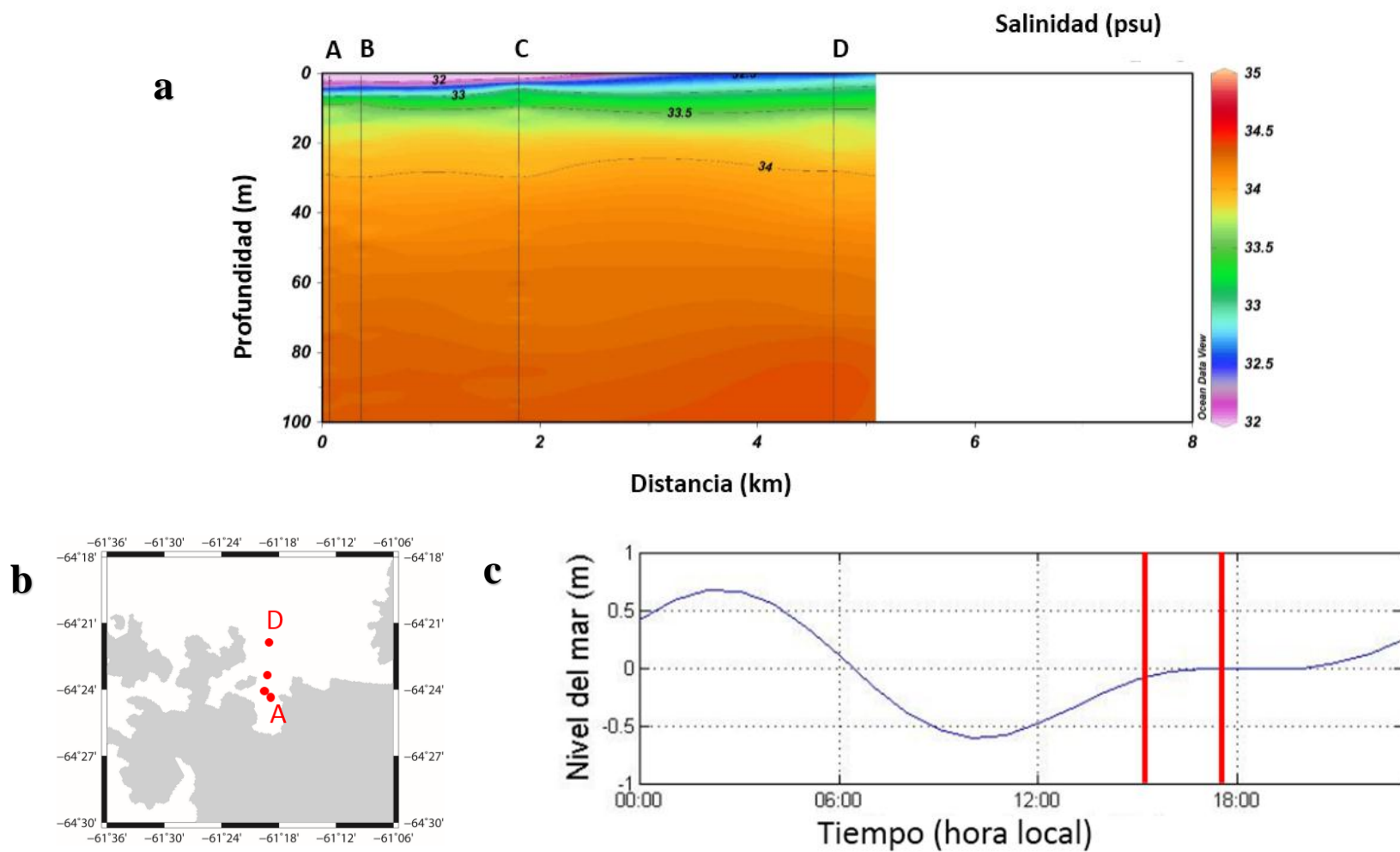


Figura 35. (a) Sección de salinidad (psu) en caleta Salvesen, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en caleta Salvesen; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en caleta Salvesen.

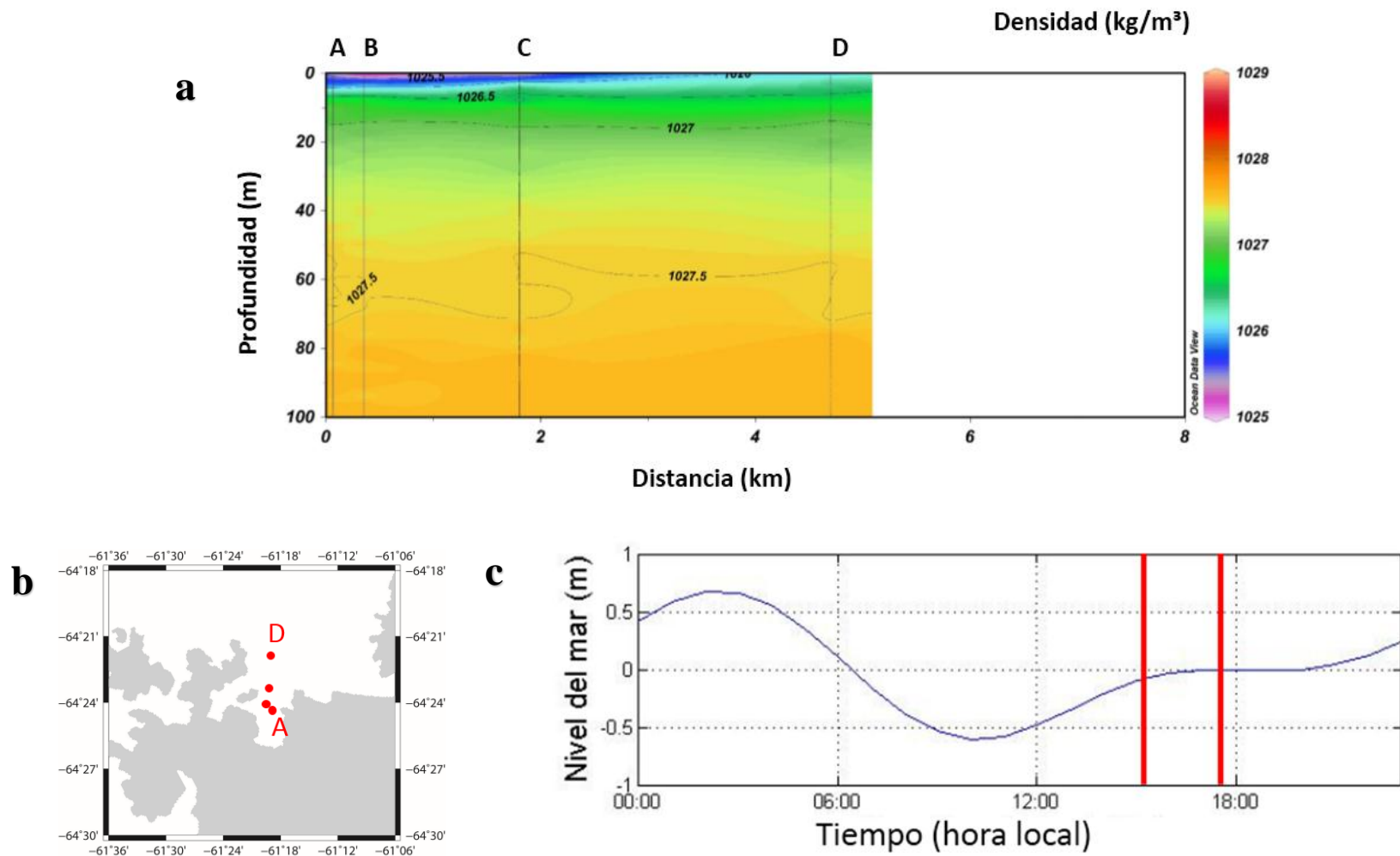


Figura 36. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en caleta Salvesen, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en caleta Salvesen; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franja roja) en caleta Salvesen.

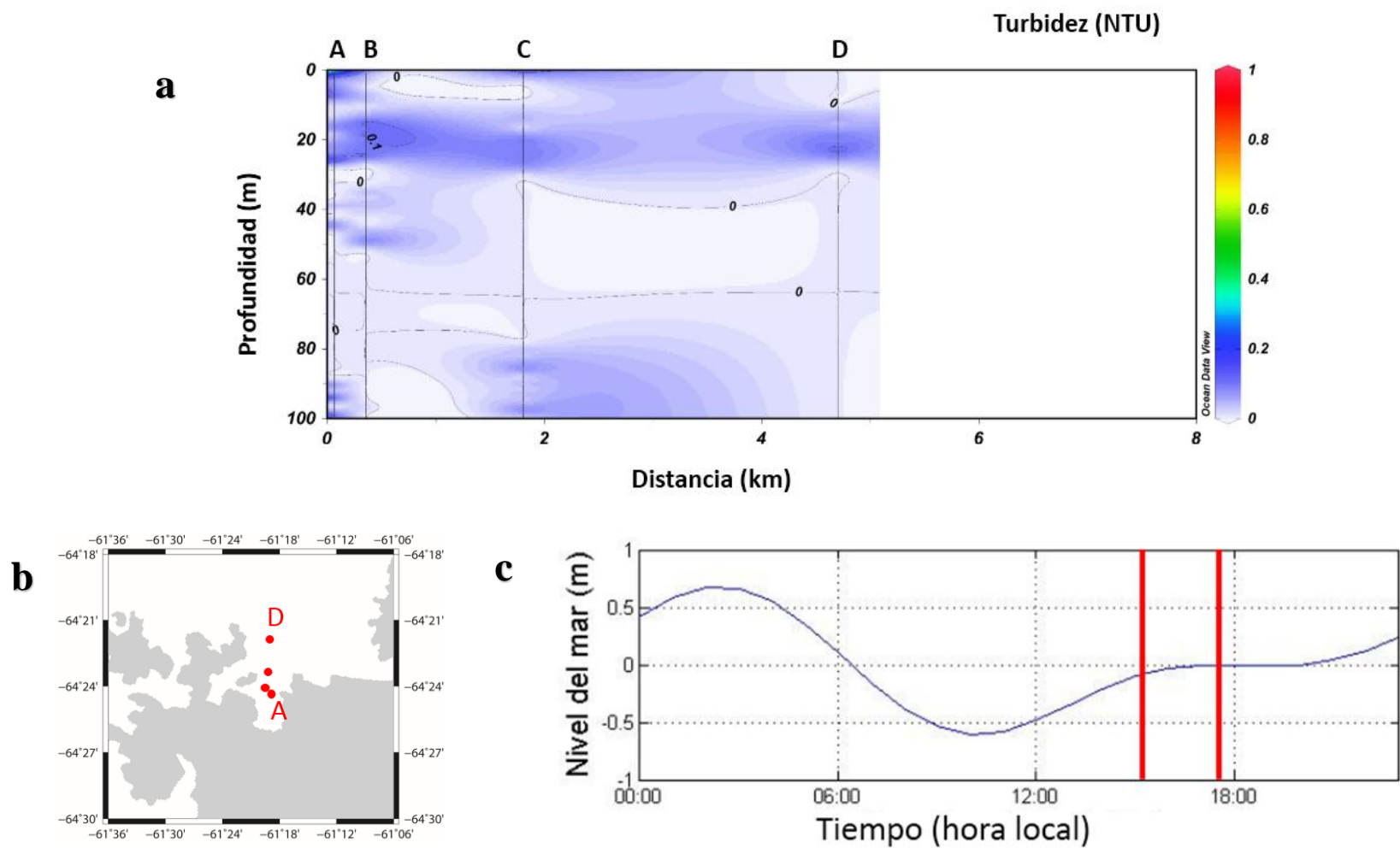


Figura 37. (a) Sección de turbidez (NTU) en caleta Salvesen, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en caleta Salvesen; (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en caleta Salvesen.

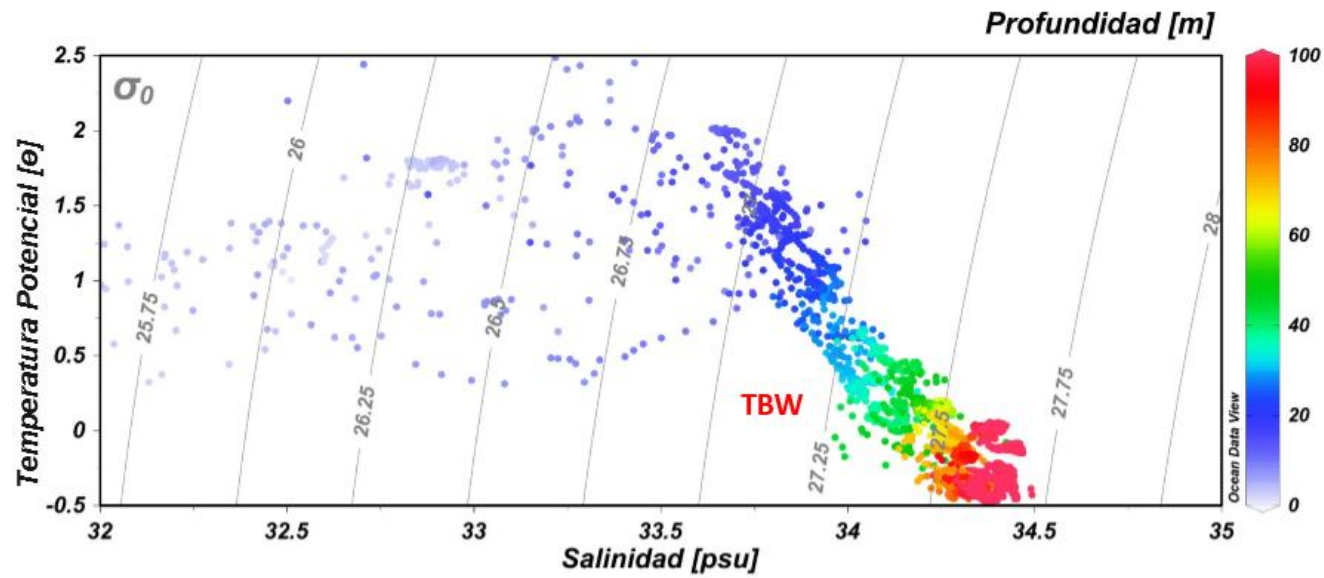
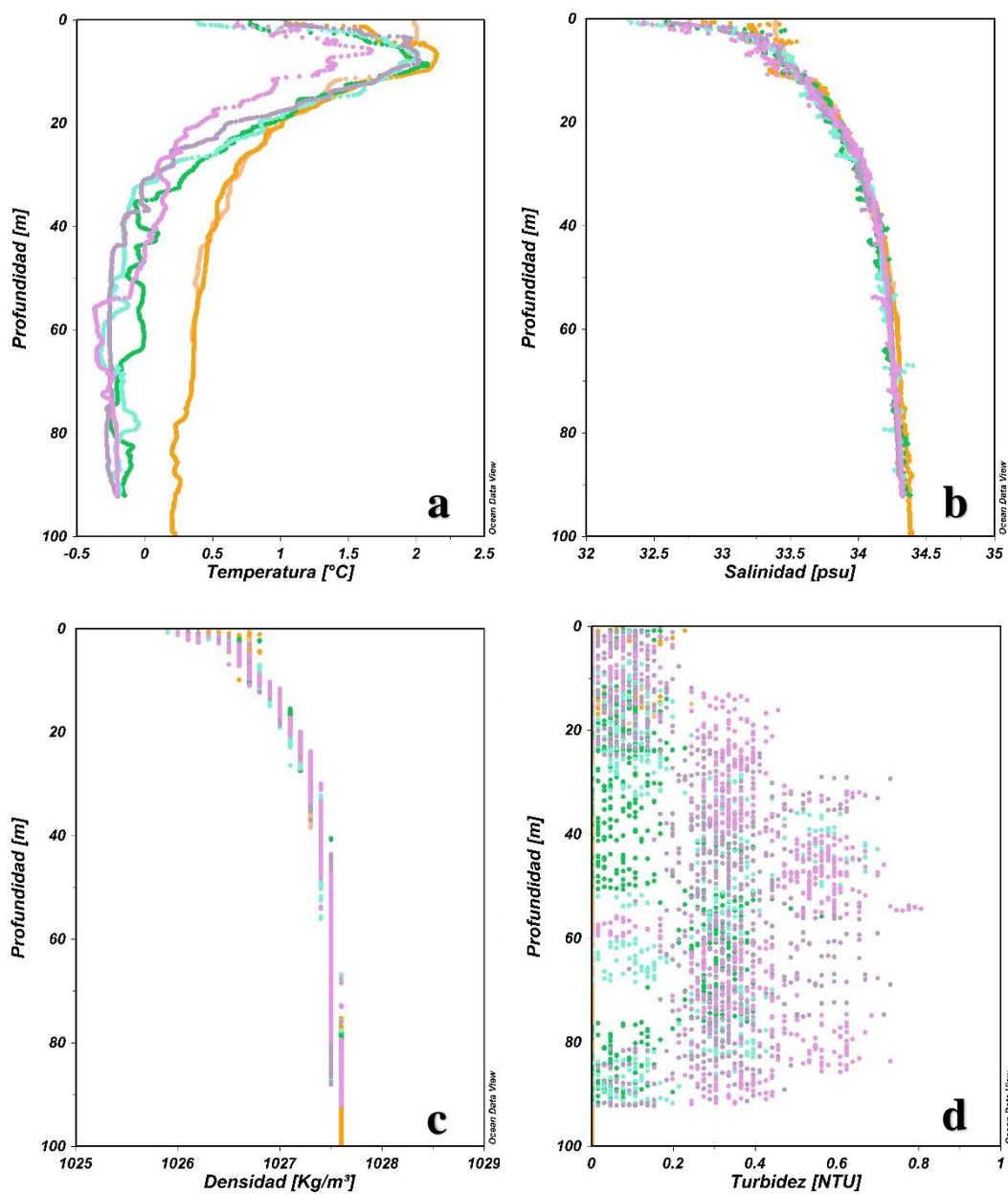


Figura 38. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Salvesen, campaña Antártica 2014. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.



● Estación A ● Estación B ● Estación C ● Estación D ● Estación E ● Estación F

Figura 39. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Frei, campaña Antártica 2014. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

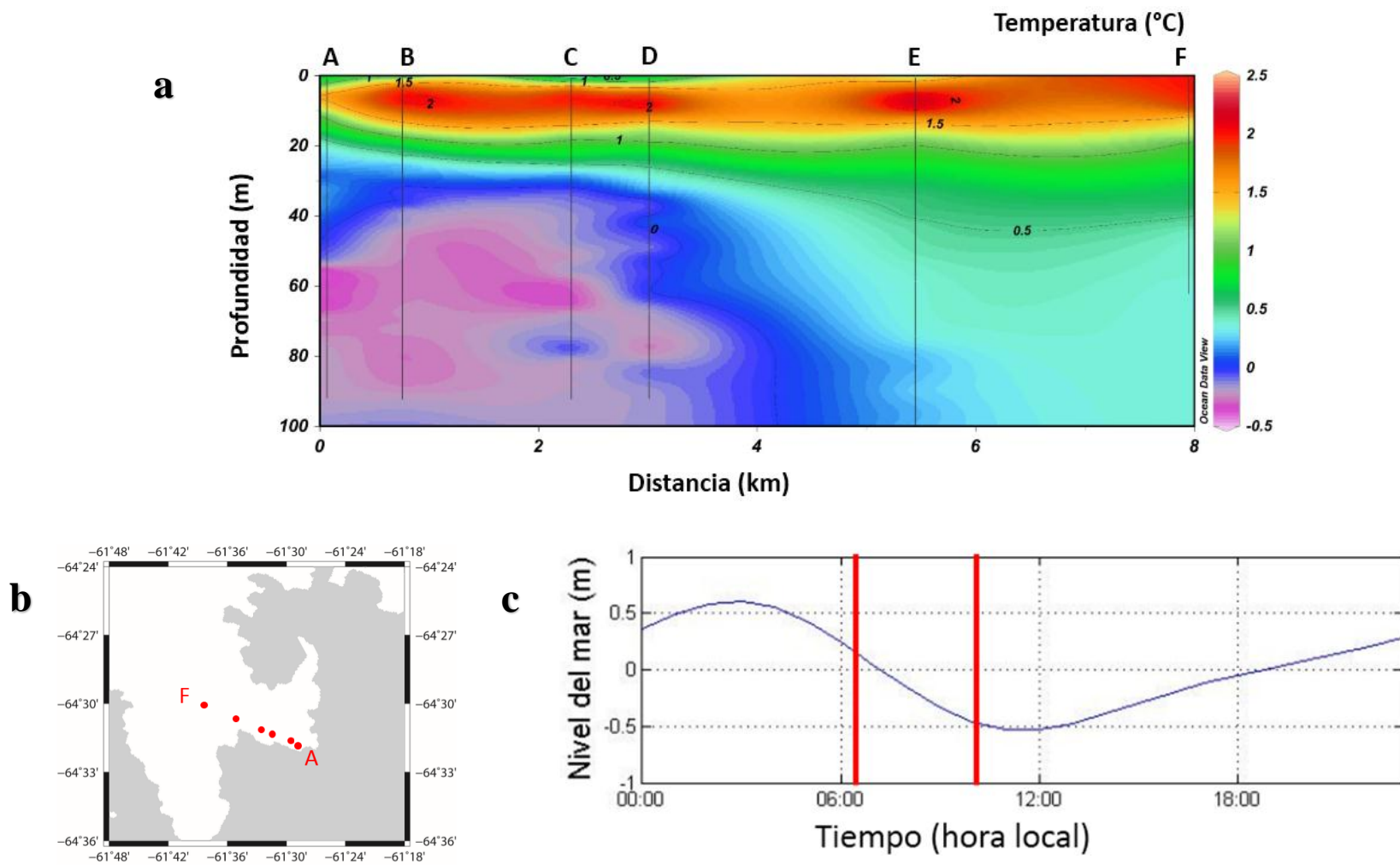


Figura 40. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

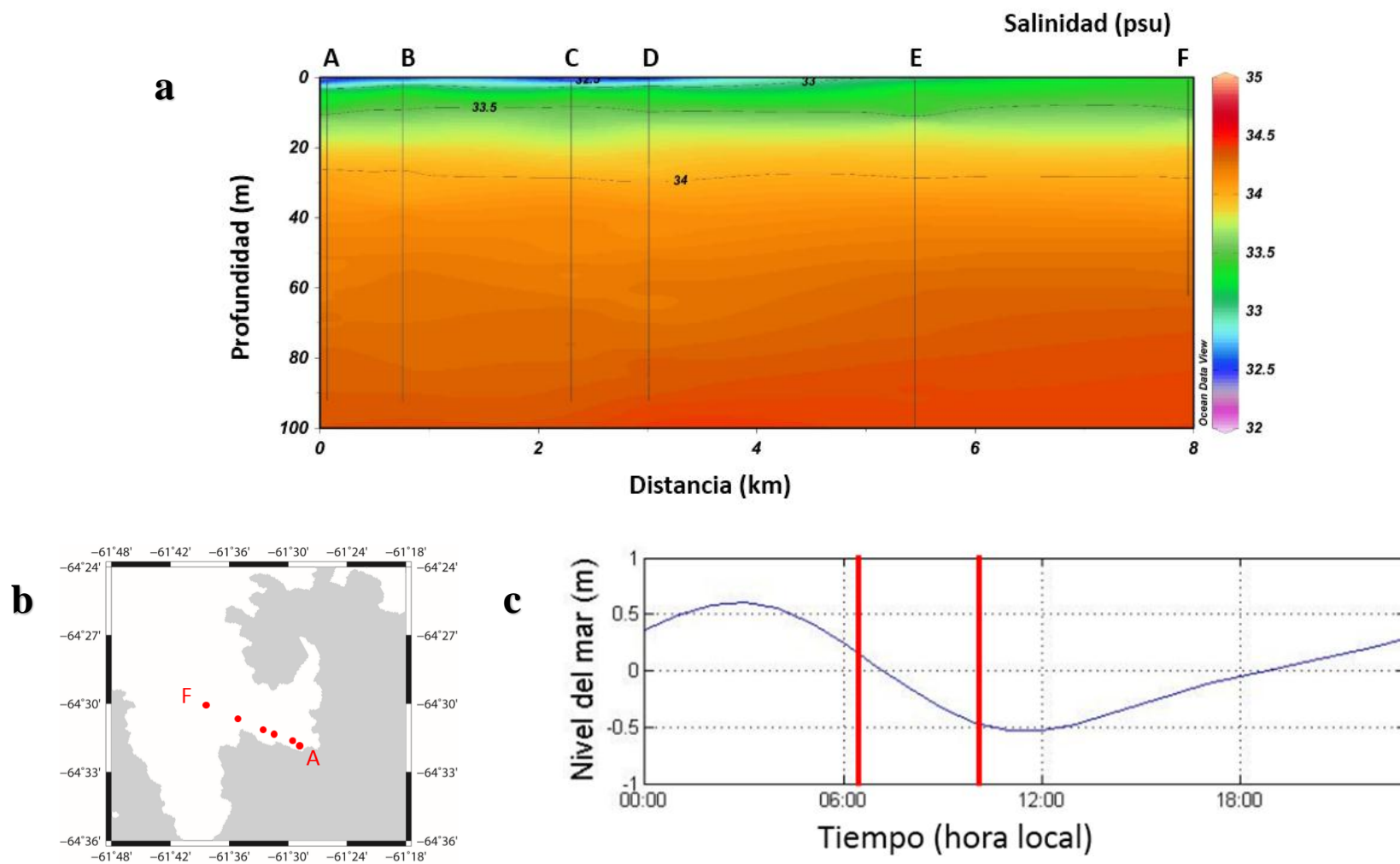


Figura 41. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Frei.

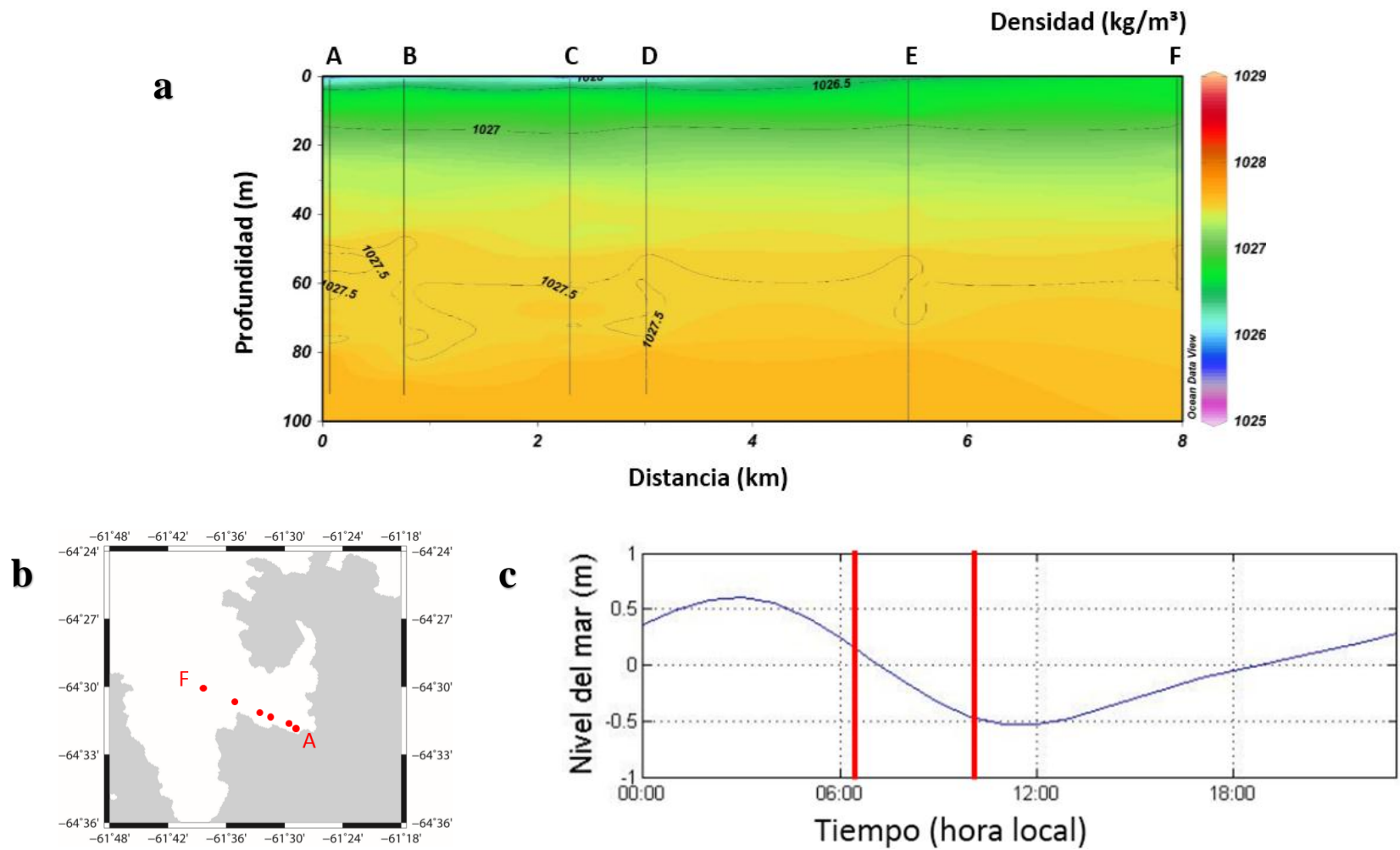


Figura 42. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

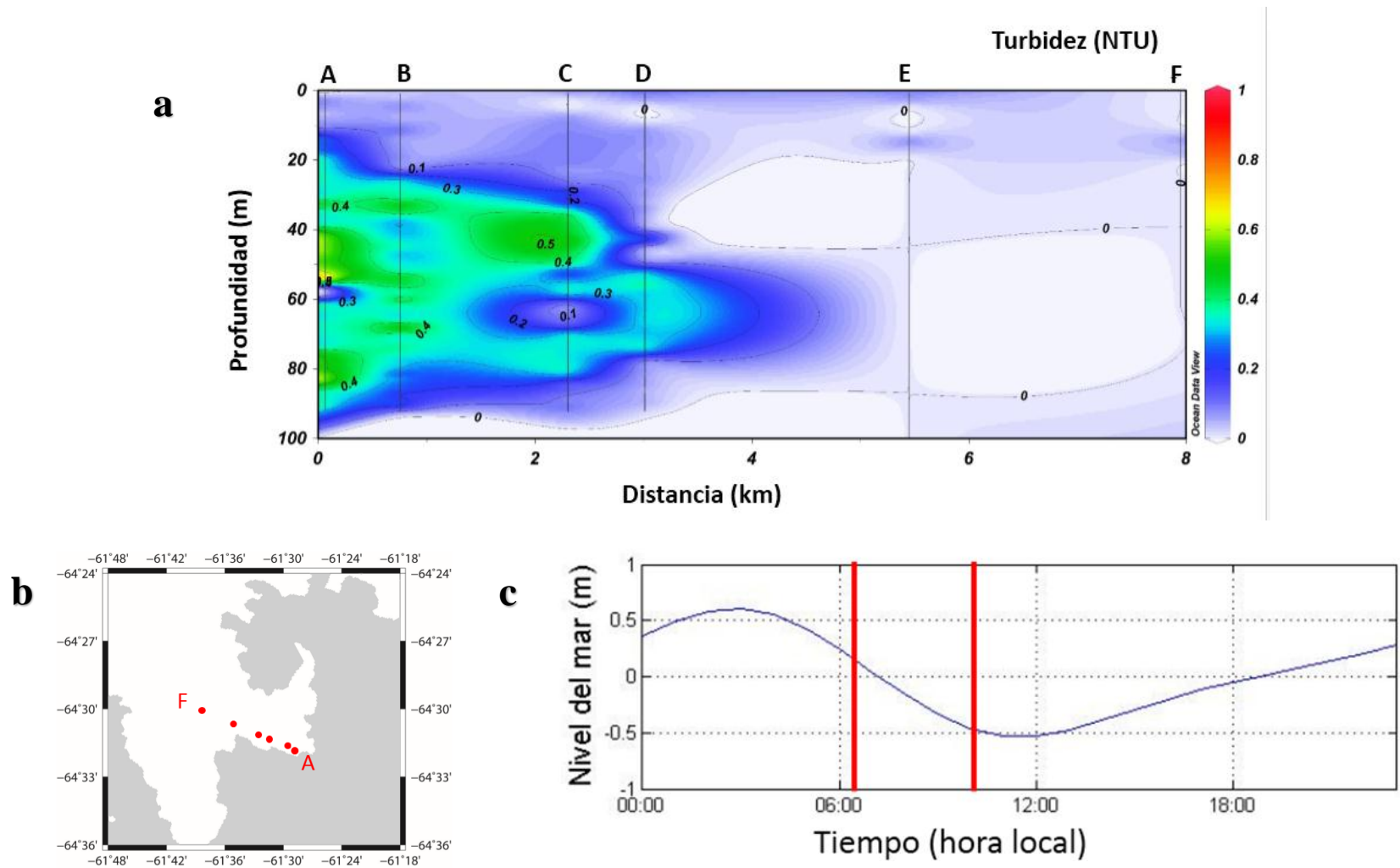


Figura 43. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2014. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

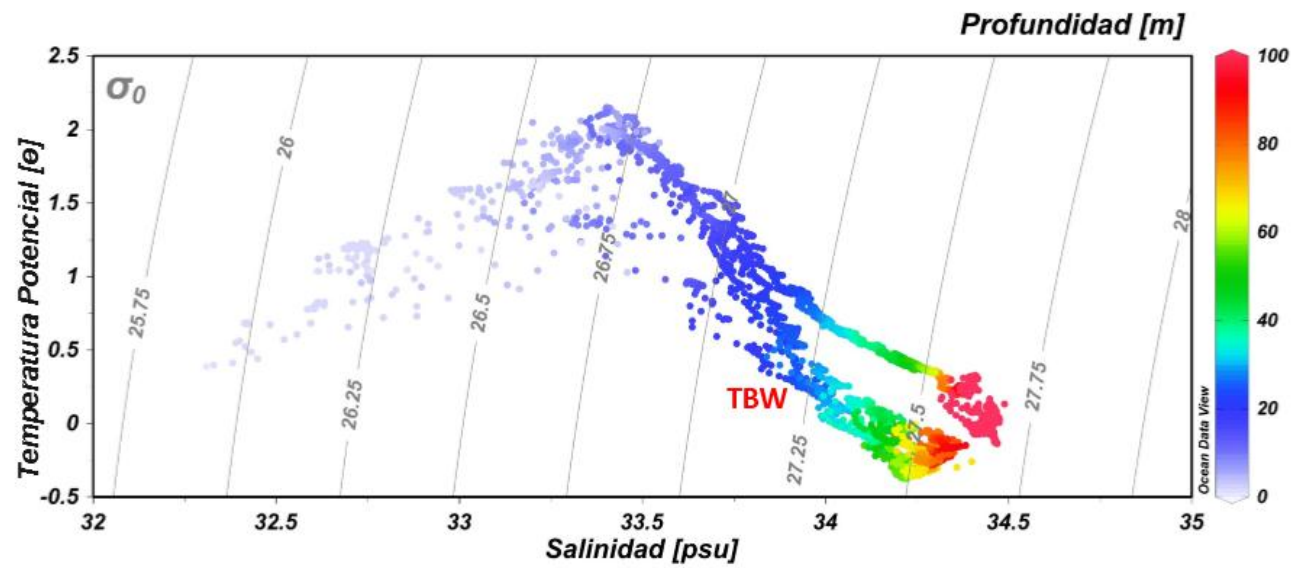
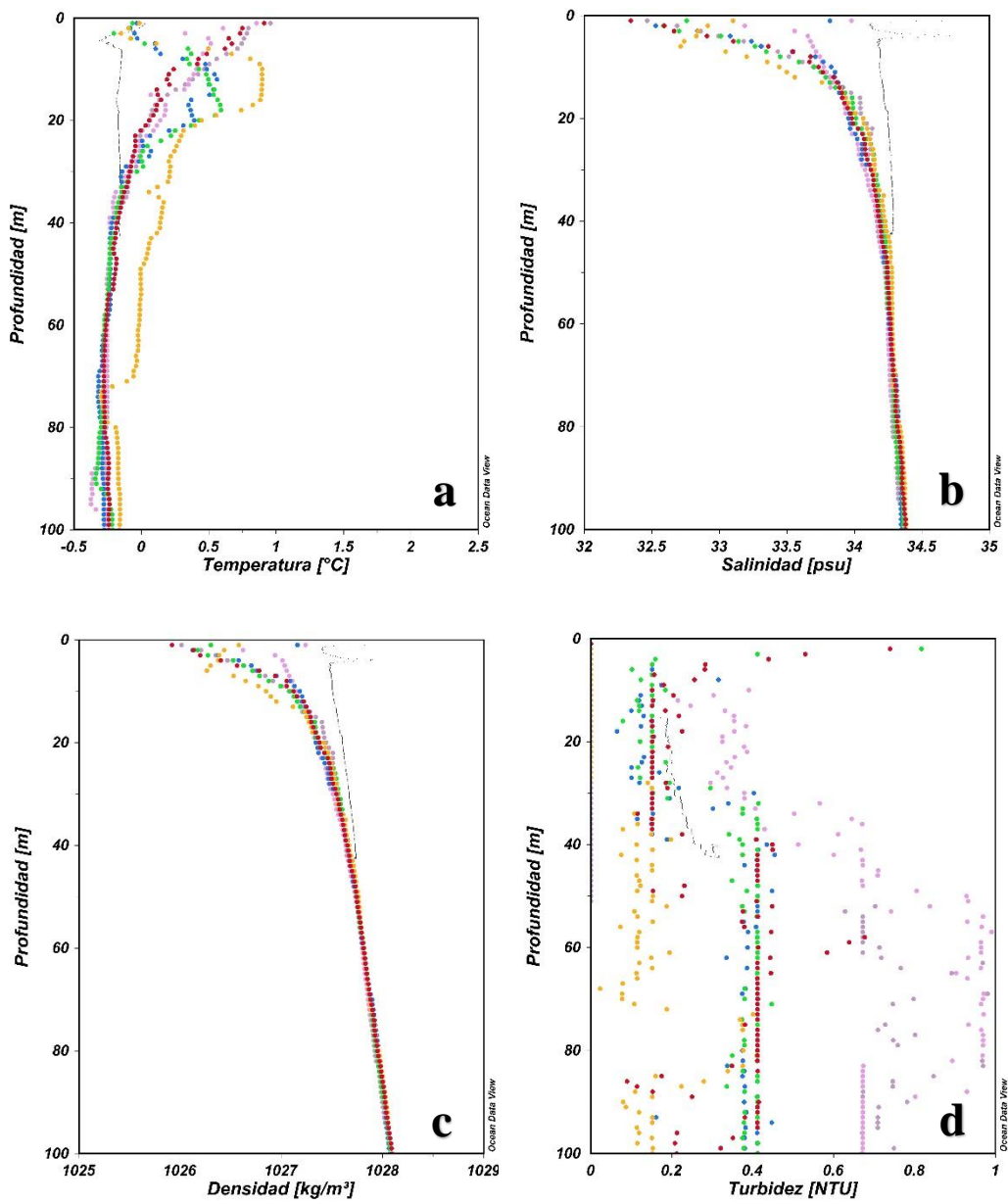


Figura 44. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Frei, campaña Antártica 2014. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.



● Estación A ● Estación B ● Estación C ● Estación D ● Estación E ● Estación F

Figura 45. Perfiles de variables oceanográficas en ensenada Duarte, campaña Antártica 2015. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

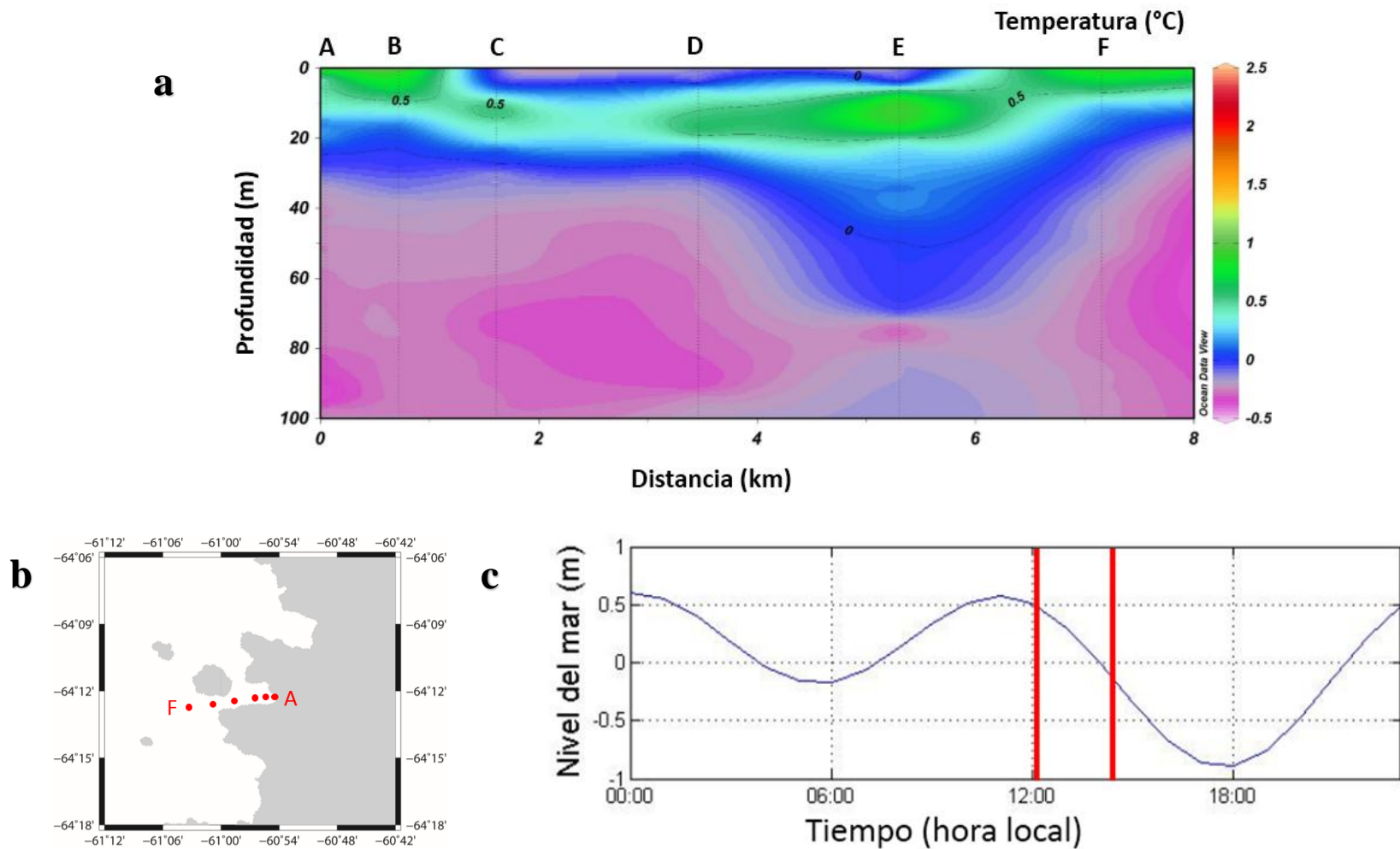


Figura 46. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en ensenada Duarte, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; ensenada Duarte (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en ensenada Duarte.

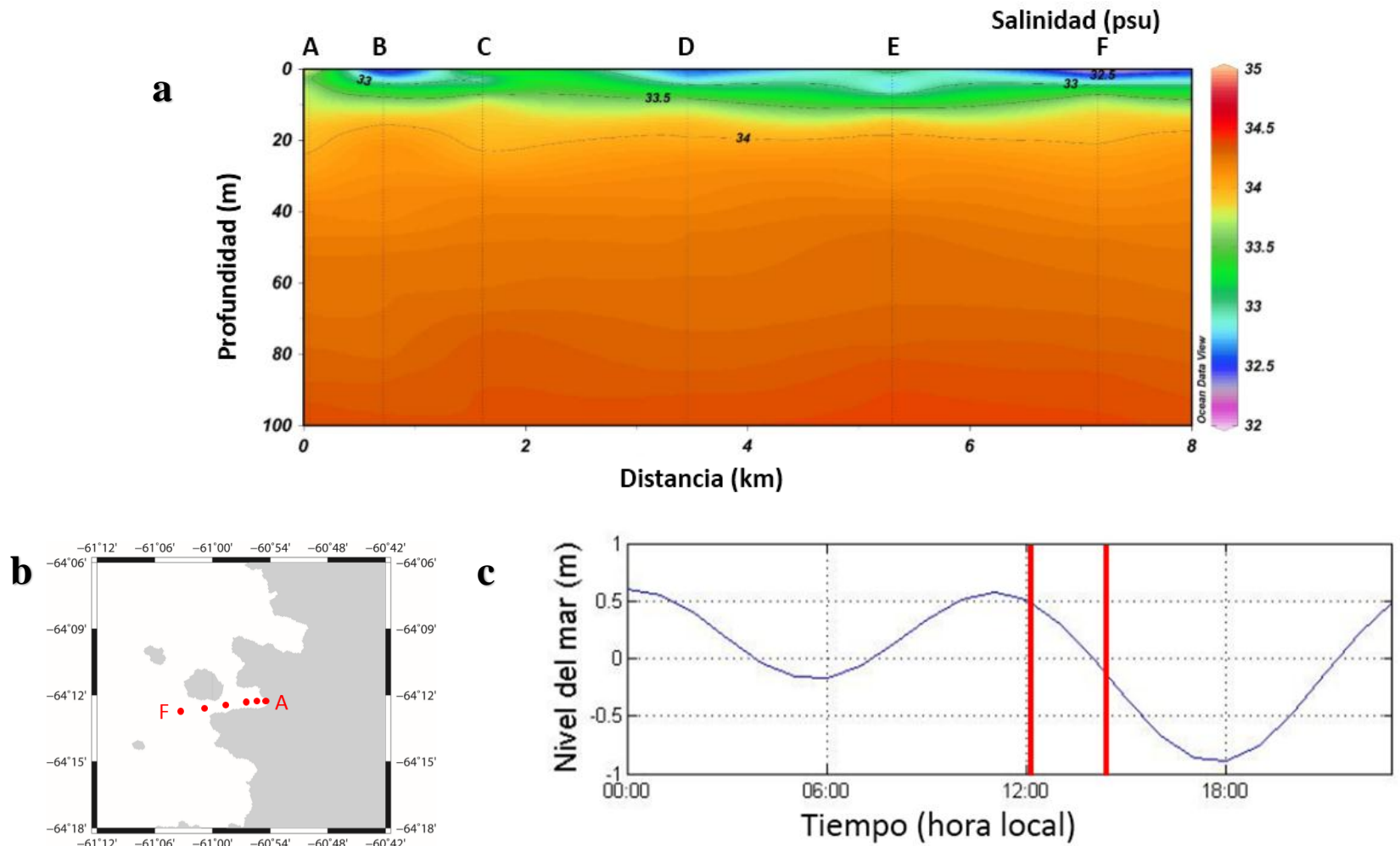


Figura 47. (a) Sección de salinidad (psu) en ensenada Duarte, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; ensenada Duarte (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en ensenada Duarte.

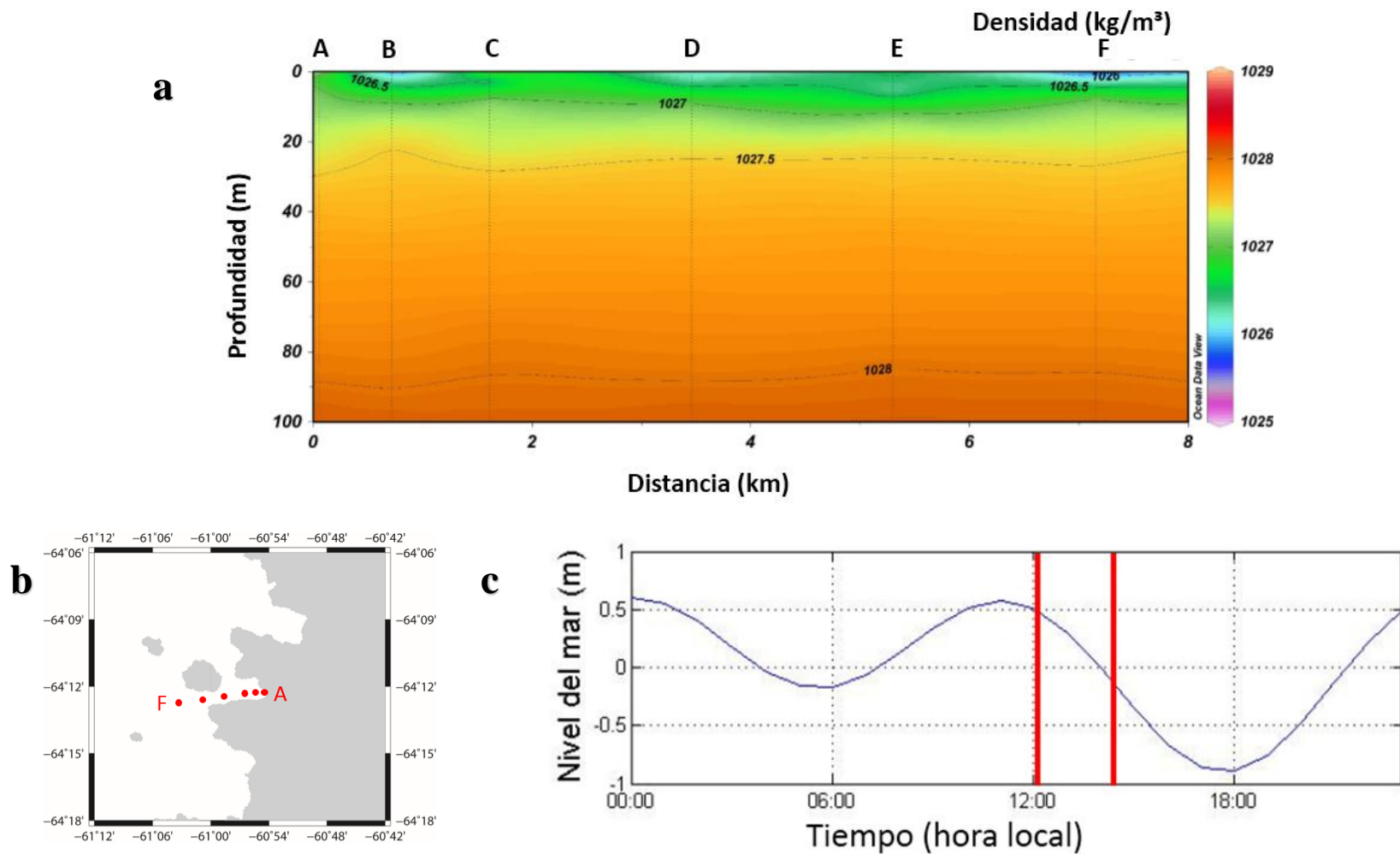


Figura 48. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en ensenada Duarte, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; ensenada Duarte (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en ensenada Duarte.

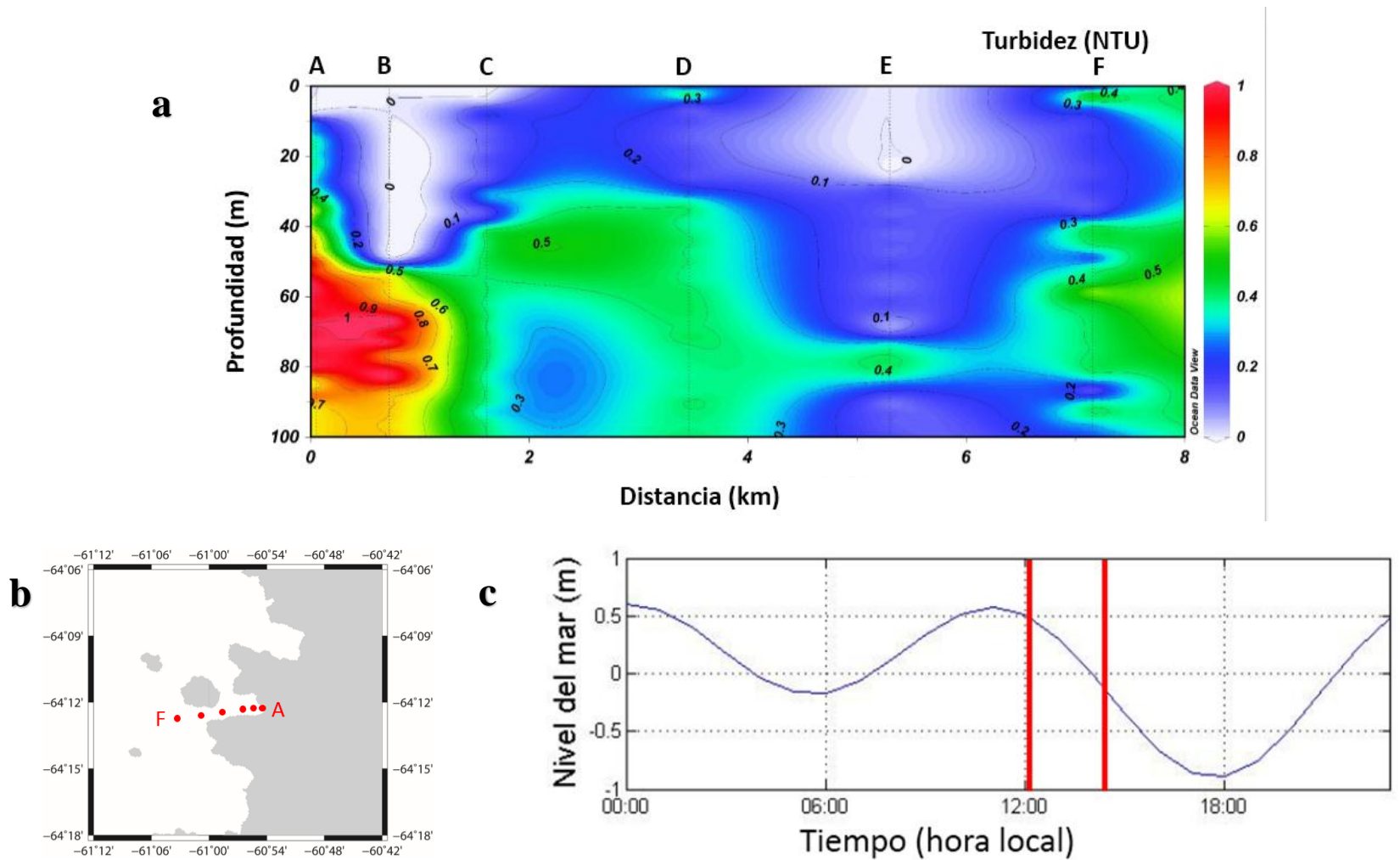


Figura 49. (a) Sección de turbidez (NTU) en ensenada Duarte, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; ensenada Duarte (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en ensenada Duarte.

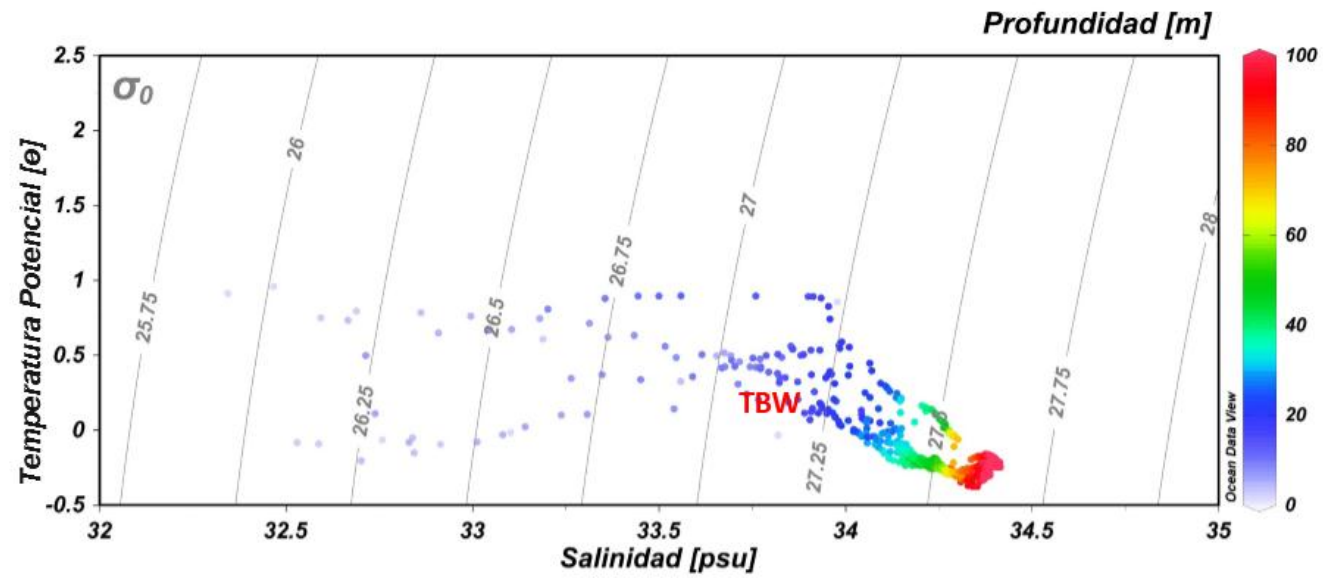


Figura 50. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la ensenada Duarte, campaña Antártica 2015. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.

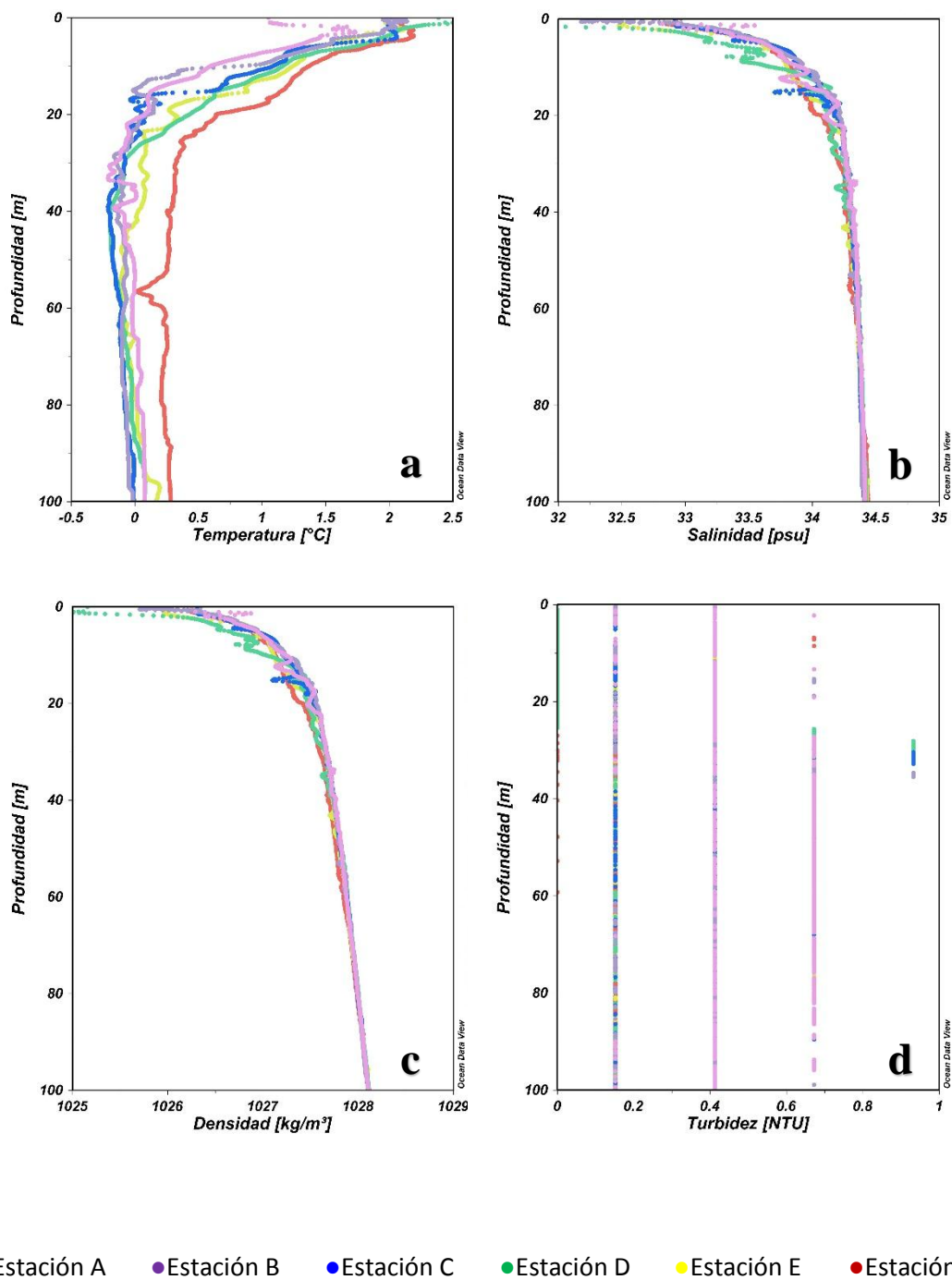


Figura 51. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Frei, campaña Antártica 2015. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

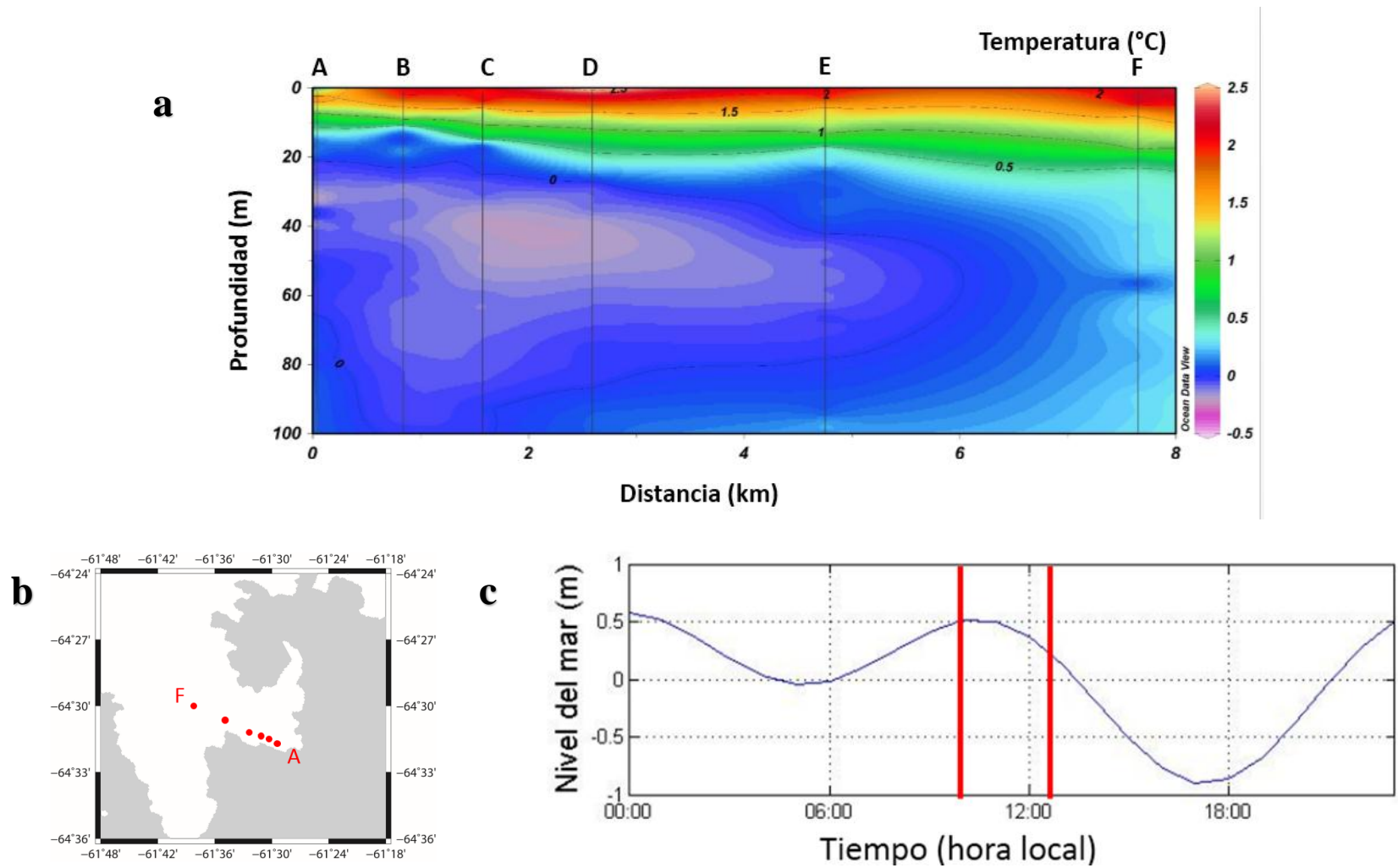


Figura 52. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Frei.

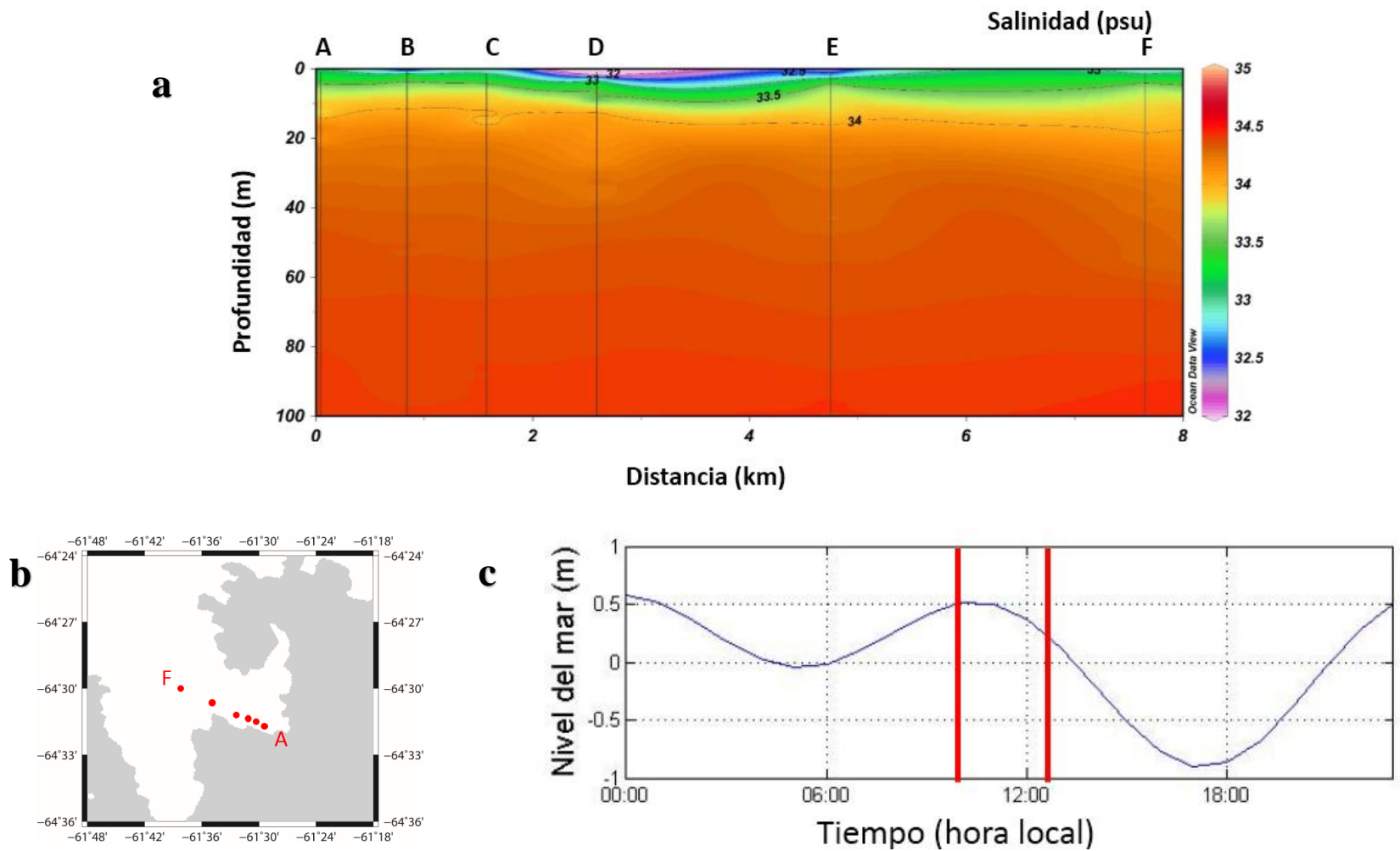


Figura 53. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

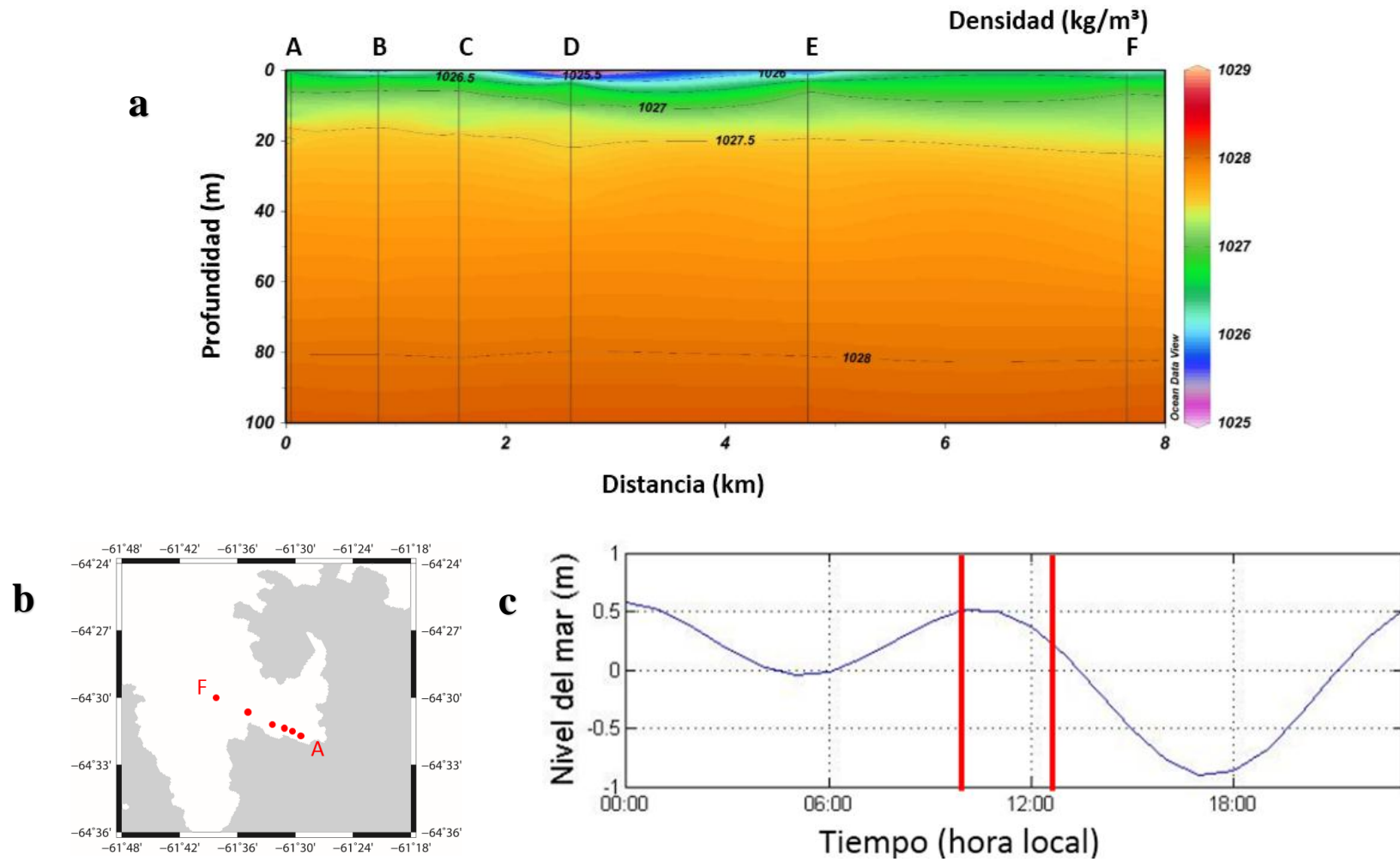


Figura 54 (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

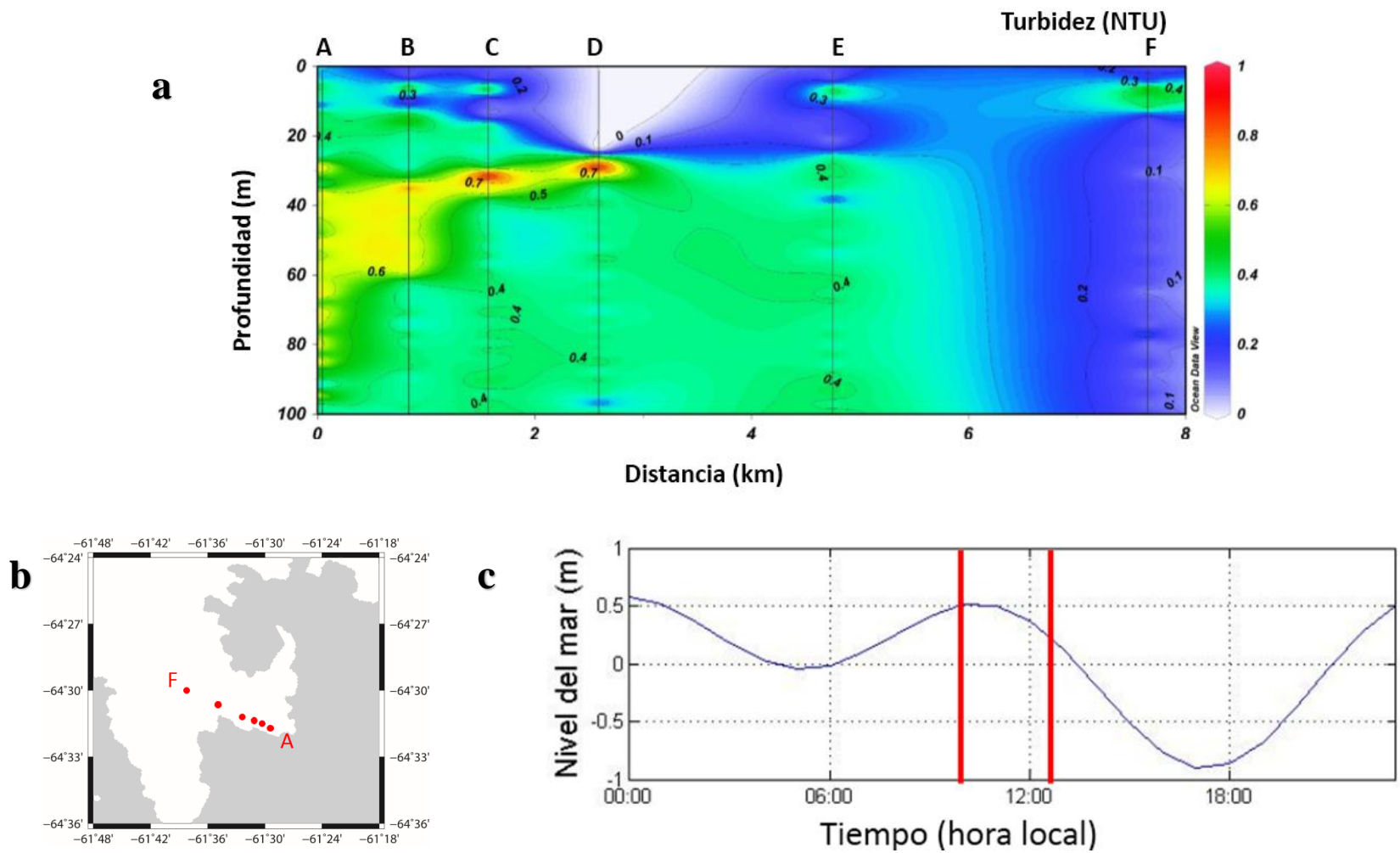


Figura 55. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Frei, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en bahía Frei (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Frei.

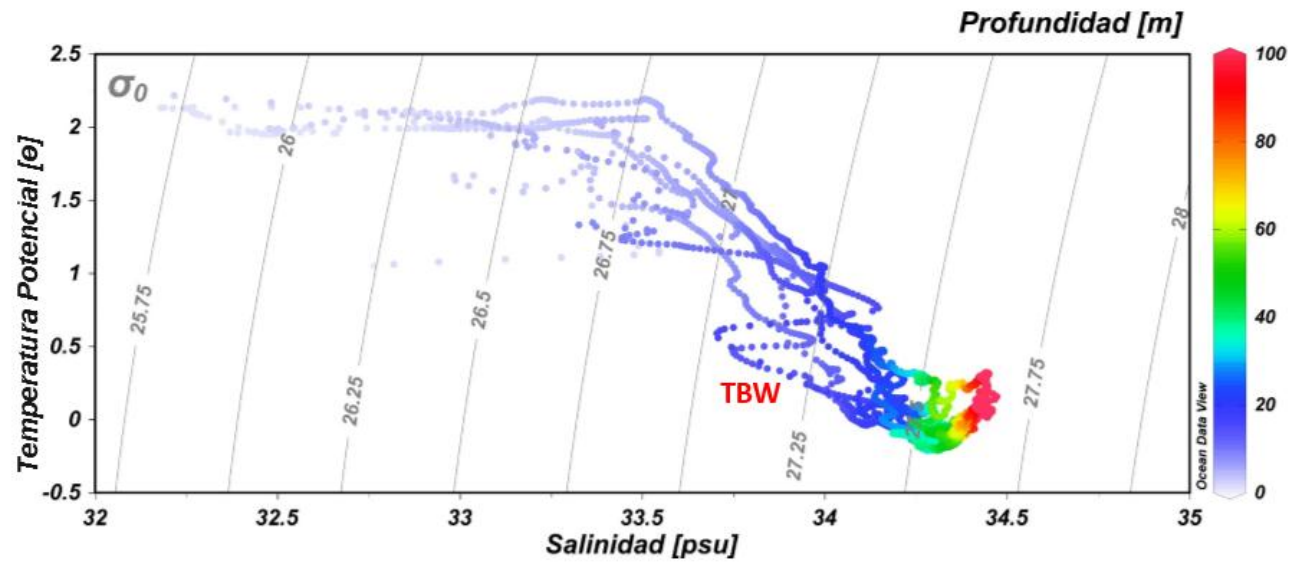


Figura 56. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Frei, campaña Antártica 2015. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.

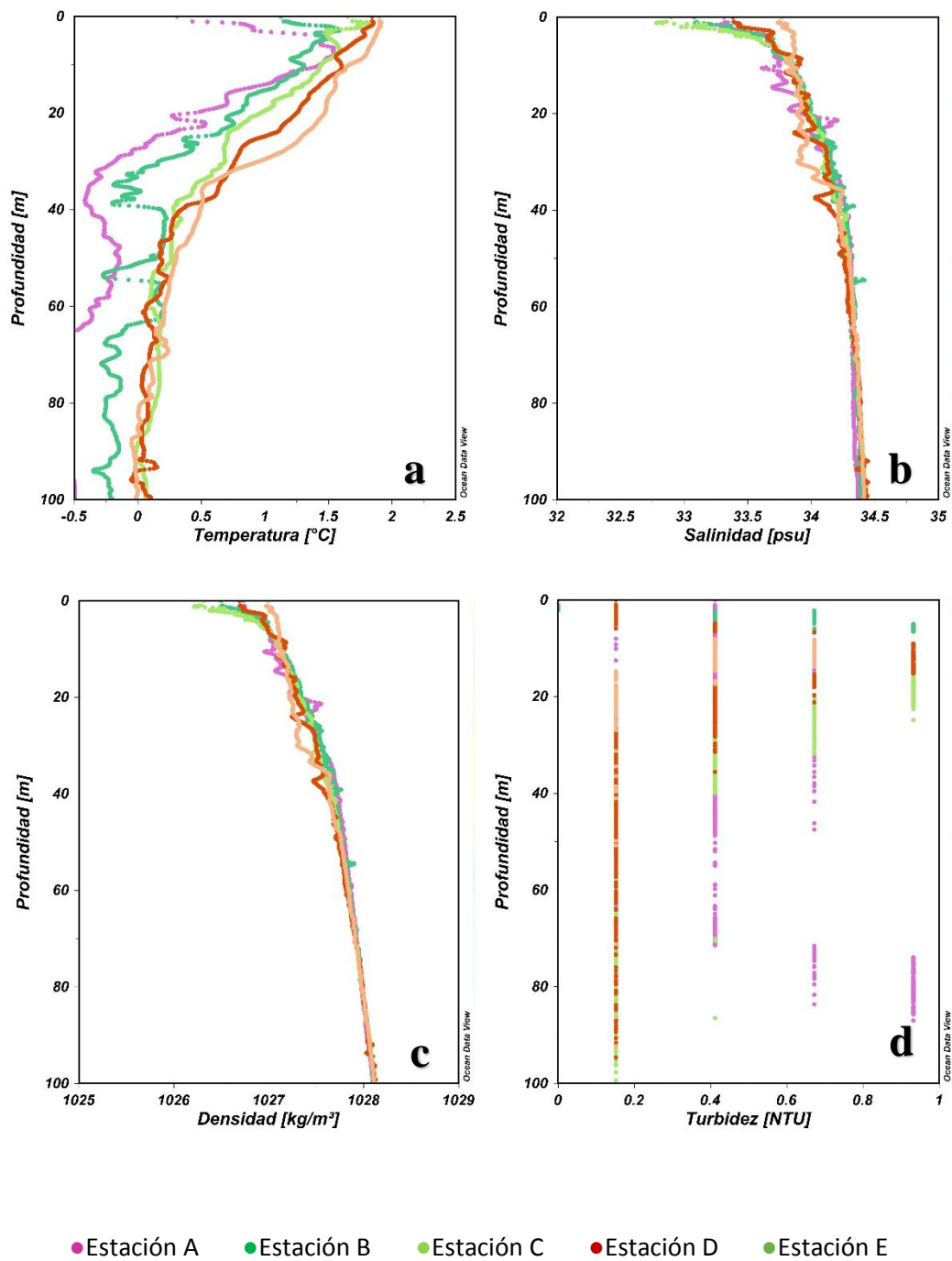


Figura 57. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Wilhelmina, campaña Antártica 2015. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

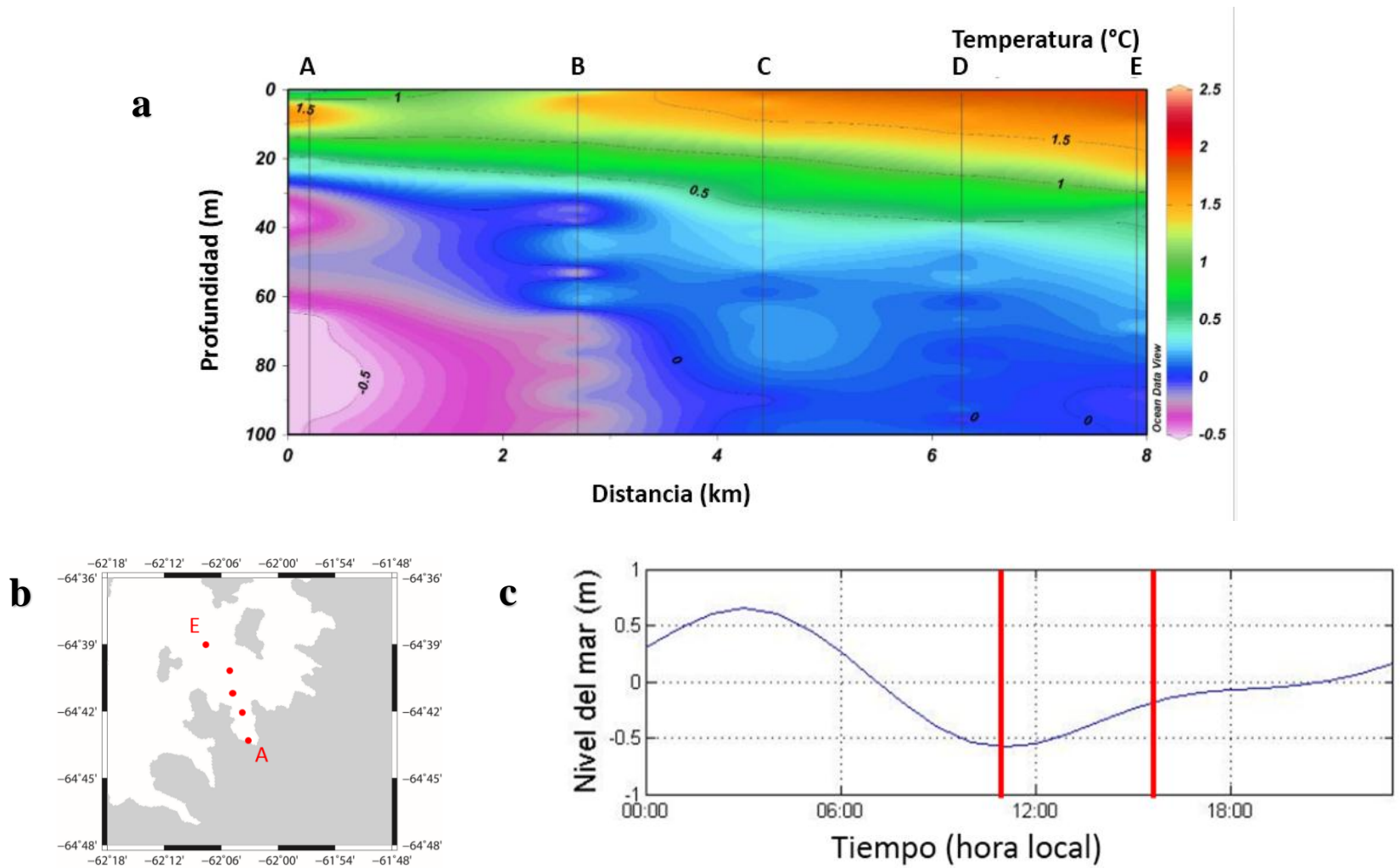


Figura 58. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Wilhelmina, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Wilhelmina (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Wilhelmina.

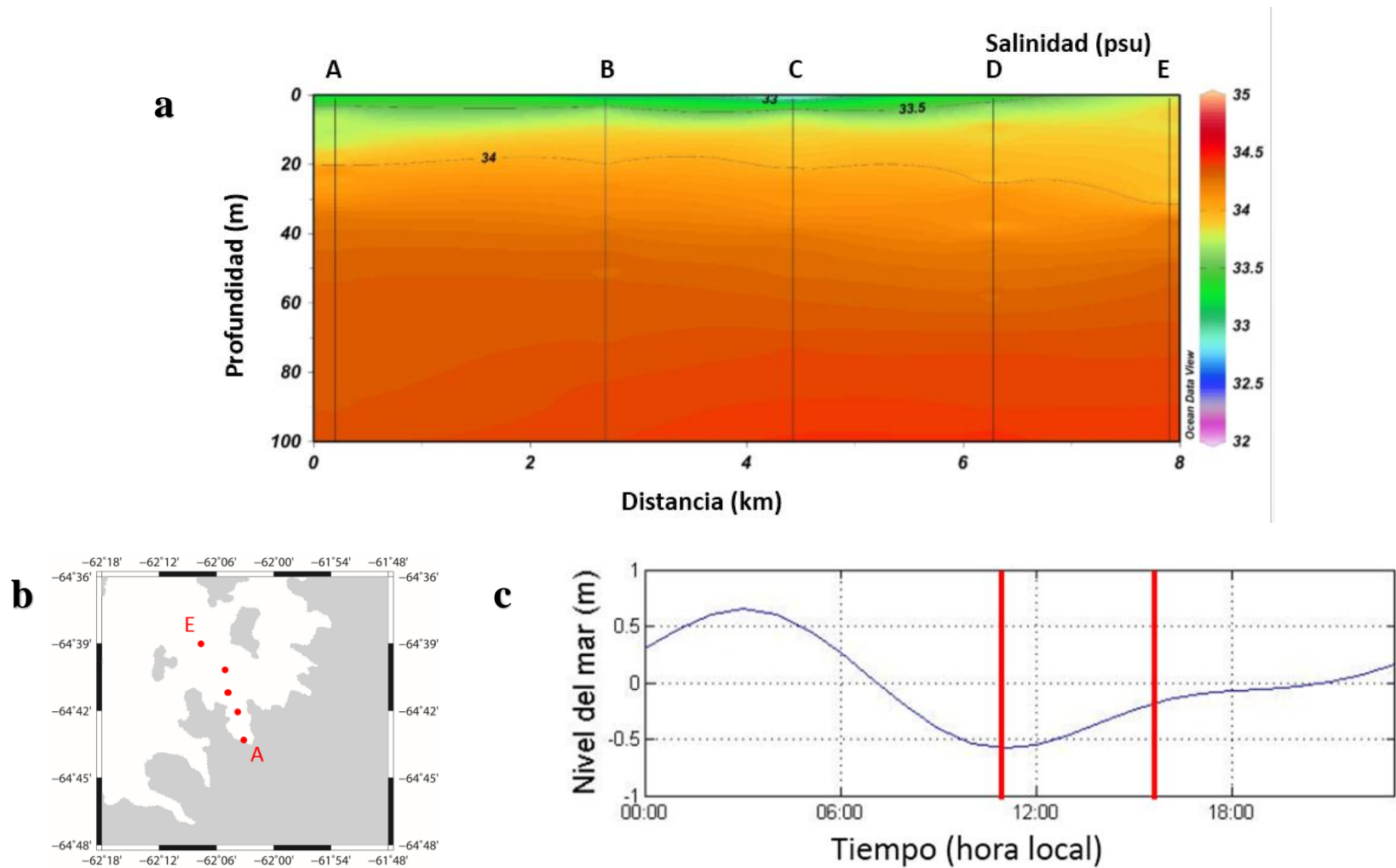


Figura 59. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Wilhelmina, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Wilhelmina (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Wilhelmina.

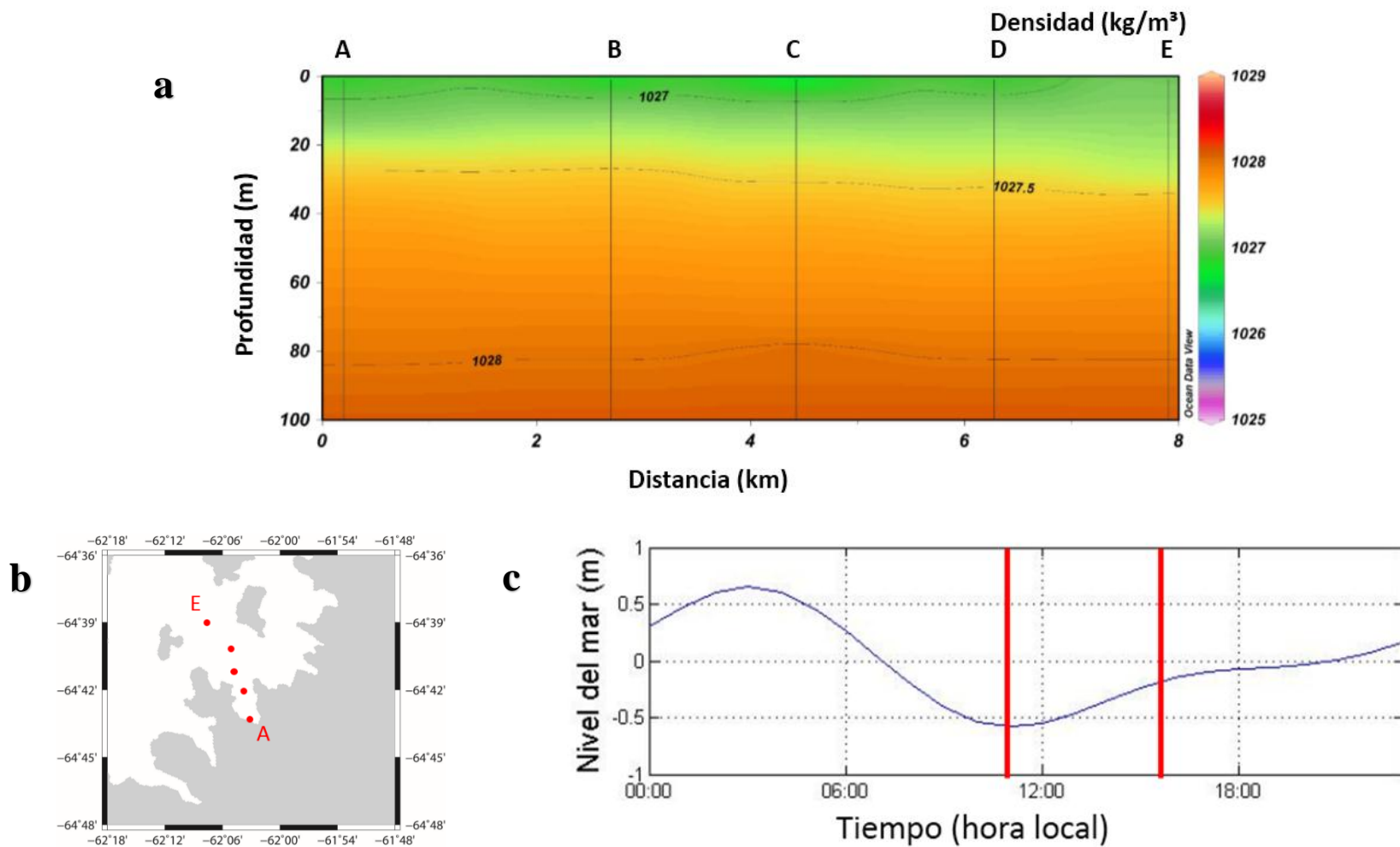


Figura 60. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Wilhelmina, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Wilhelmina (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Wilhelmina.

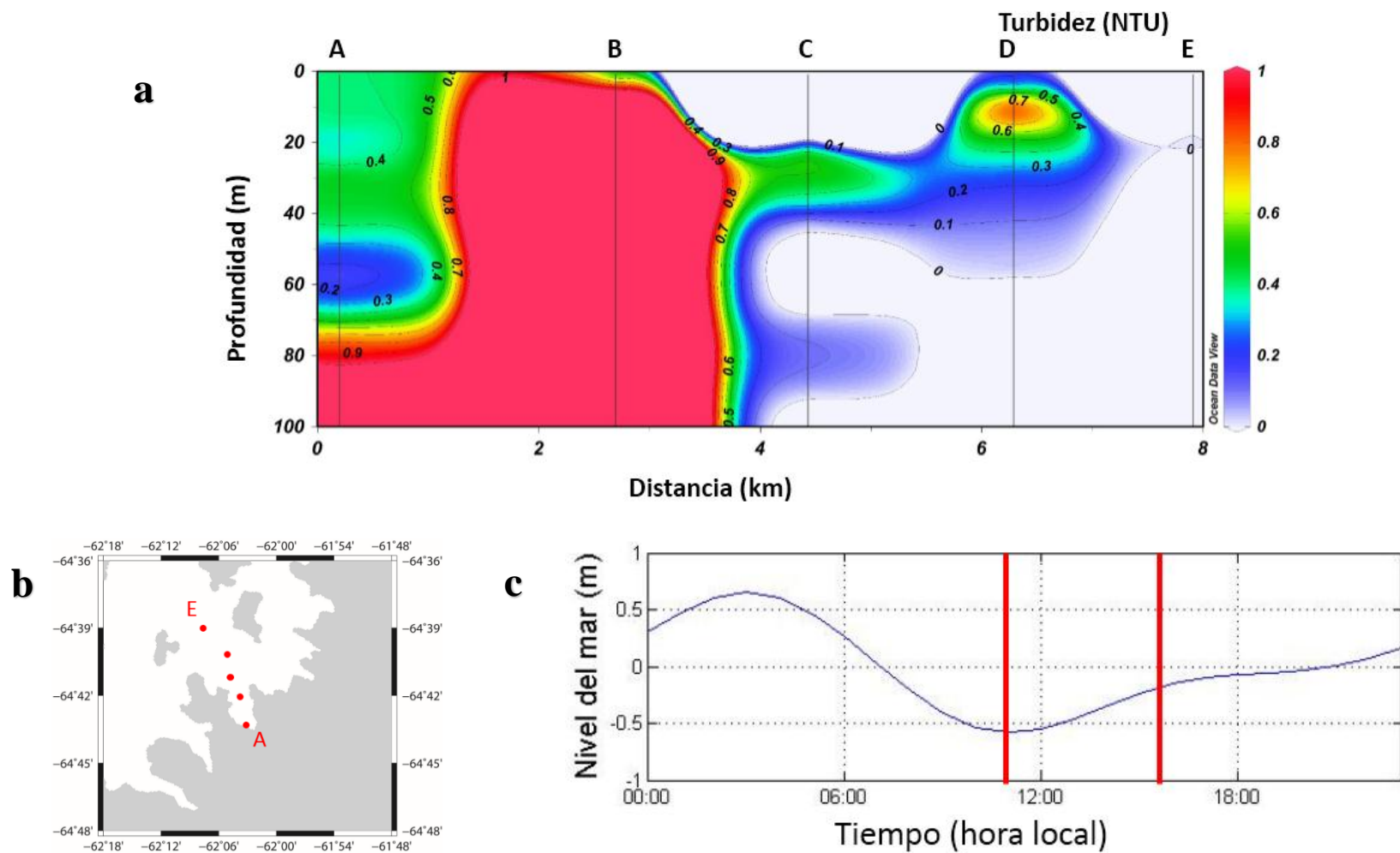


Figura 61. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Wilhelmina, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Wilhelmina (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Wilhelmina.

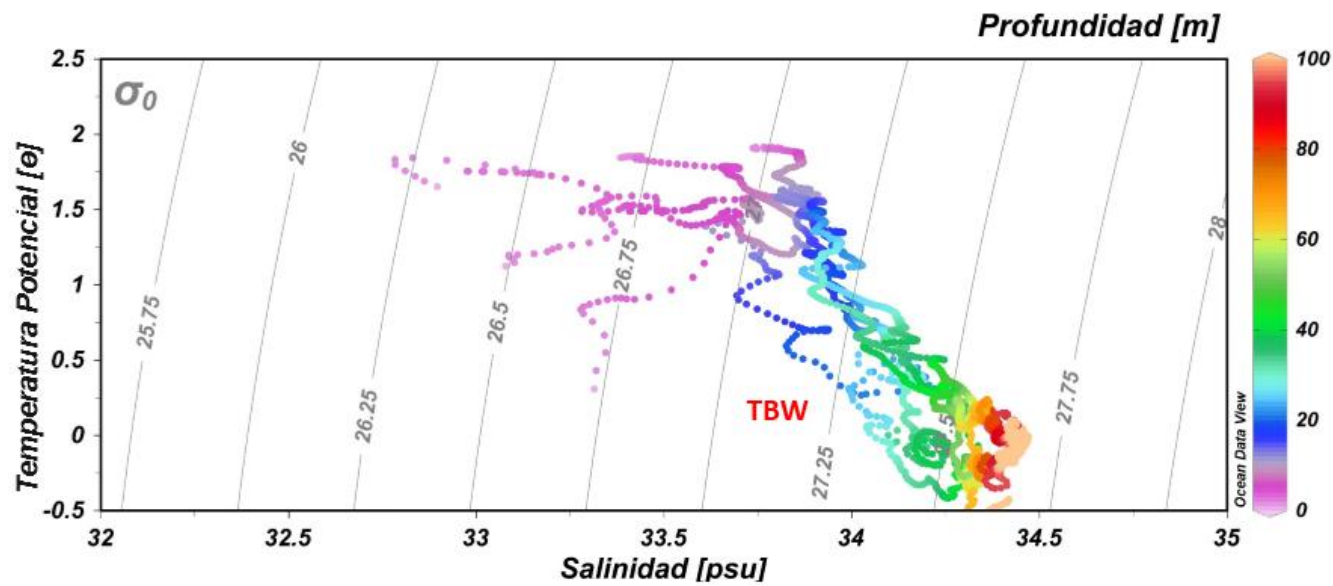
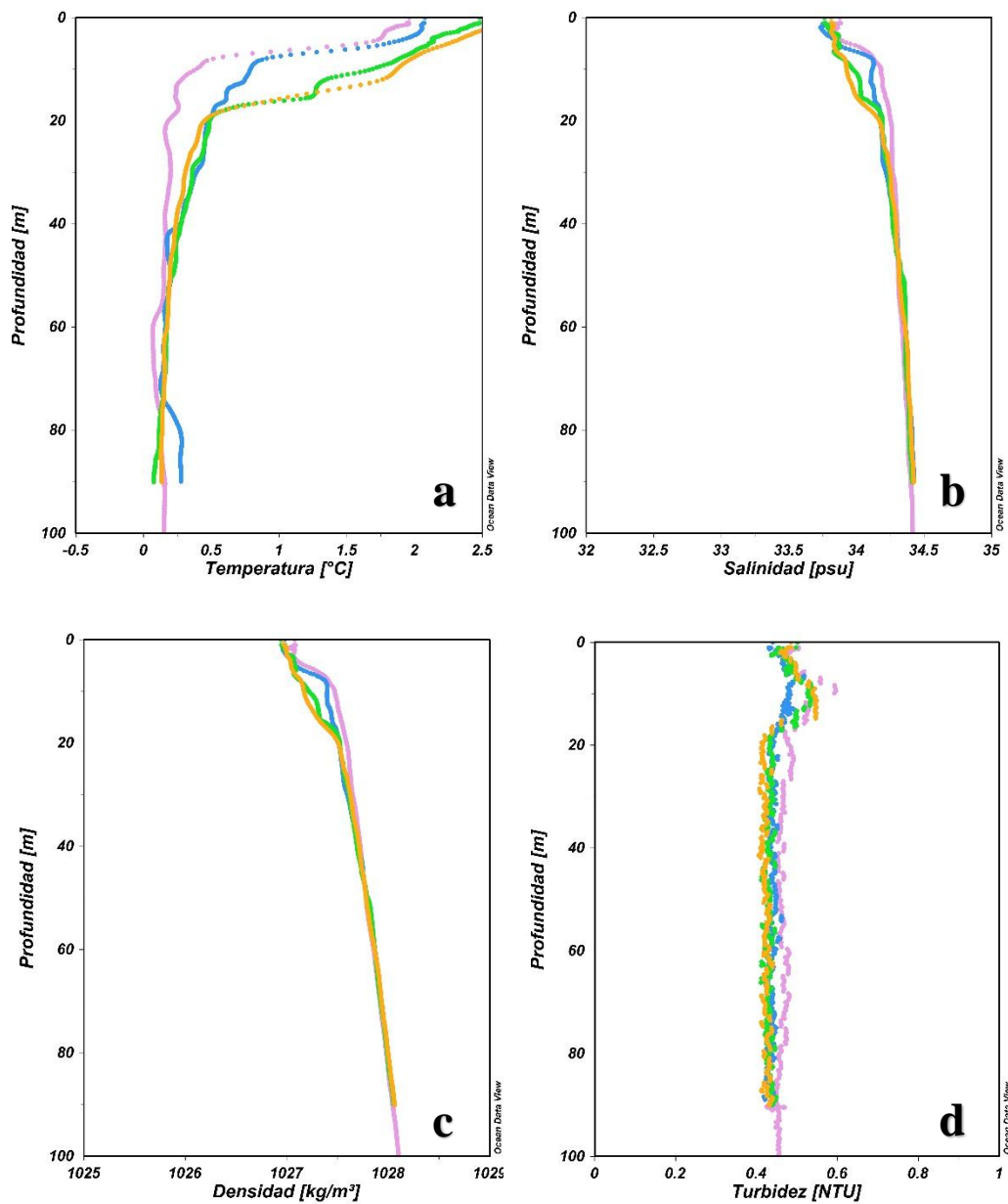


Figura 62. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Wilhelmina, campaña Antártica 2015. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.



● Estación A ● Estación B ● Estación C ● Estación D

Figura 63. Perfiles de variables oceanográficas en punta Eckener, campaña Antártica 2015. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

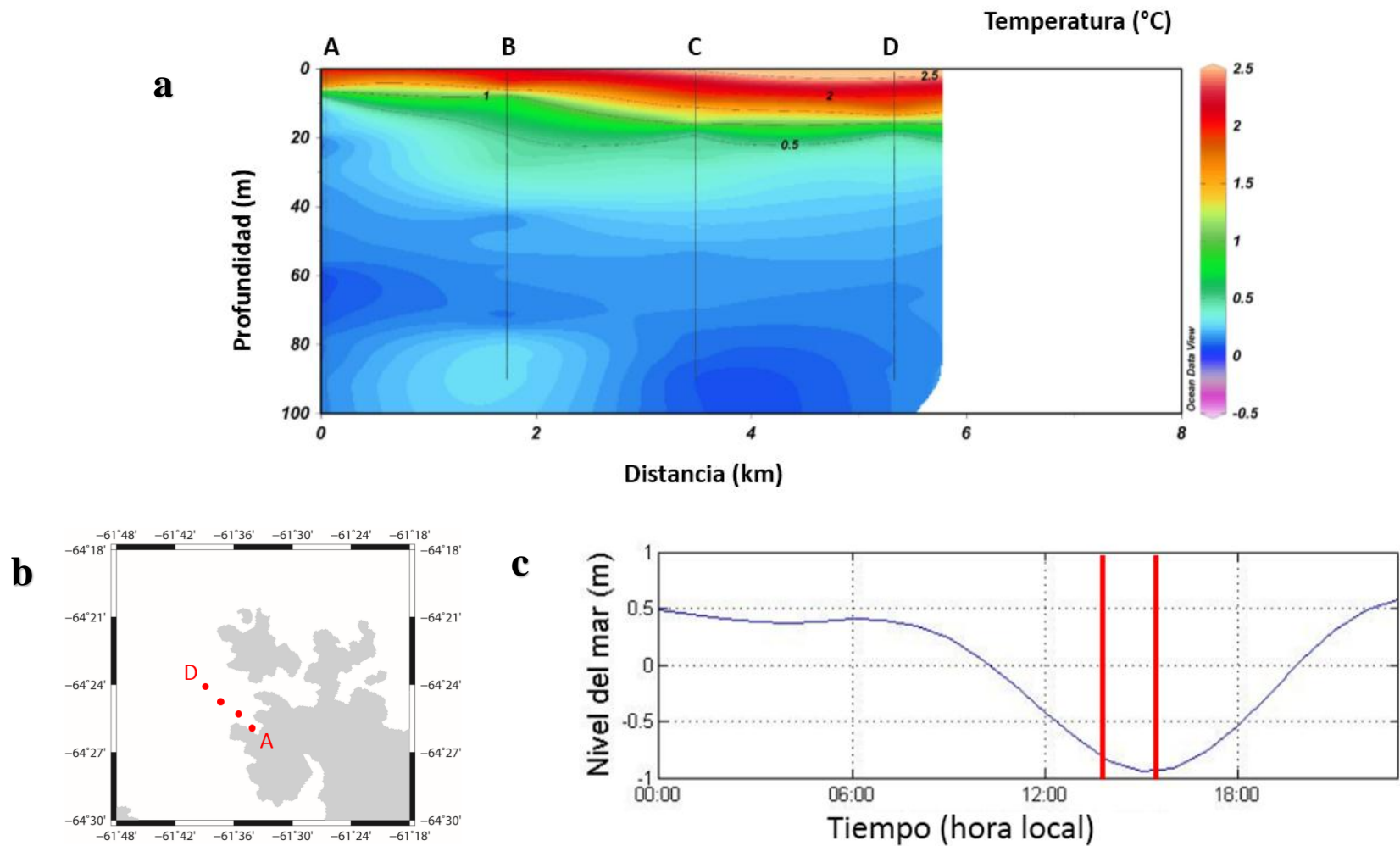


Figura 64. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en punta Eckener, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; punta Eckener (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjitas rojas) en punta Eckener.

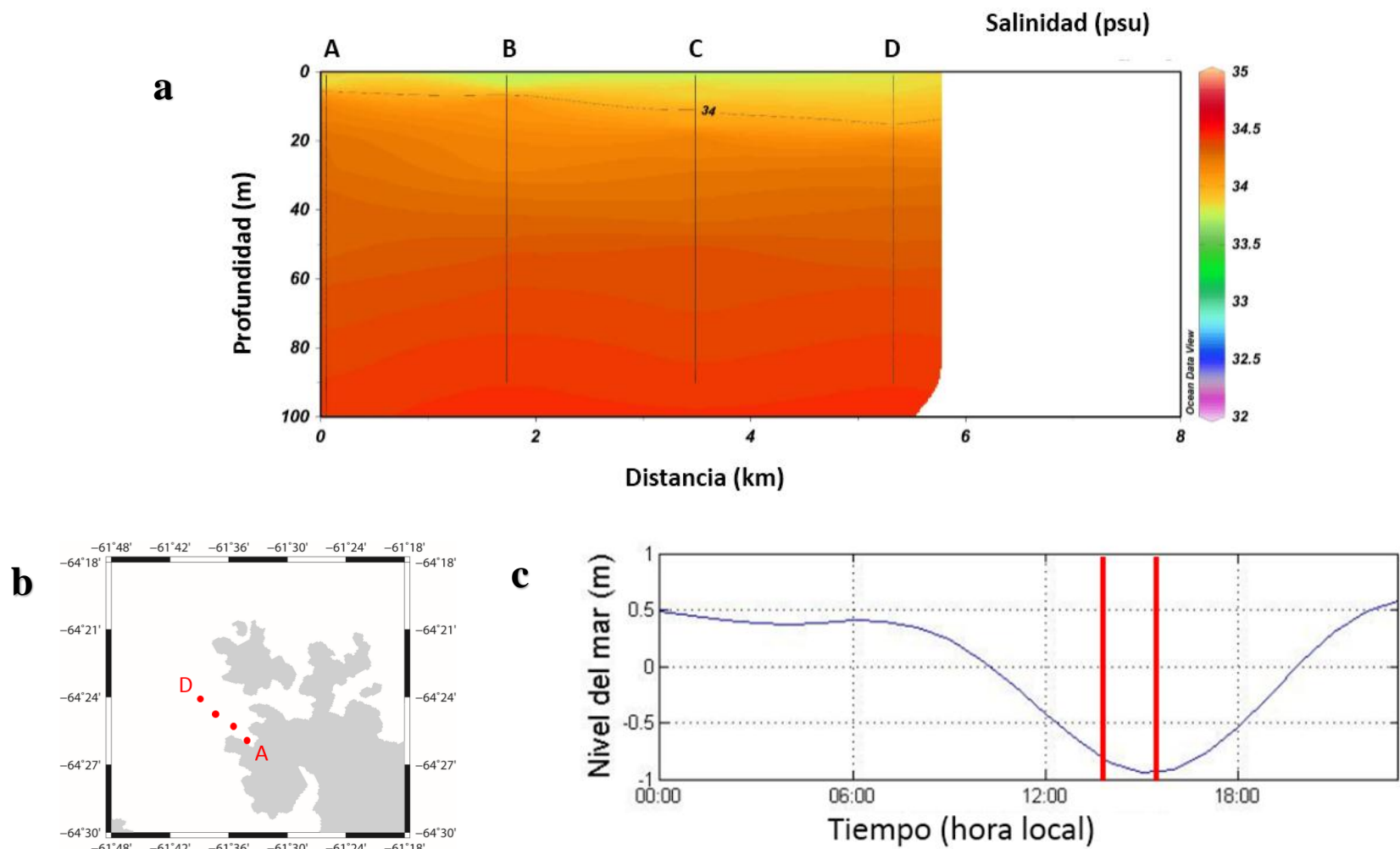


Figura 65. (a) Sección de salinidad (psu) en punta Eckener, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; punta Eckener (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjitas rojas) en punta Eckener.

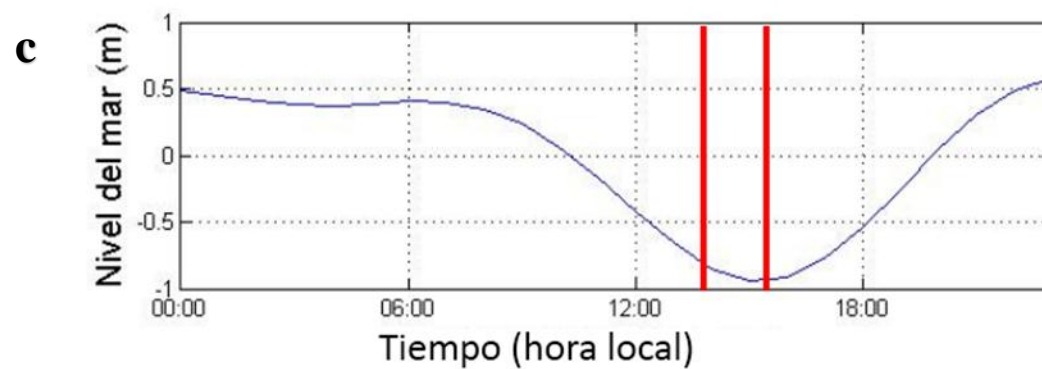
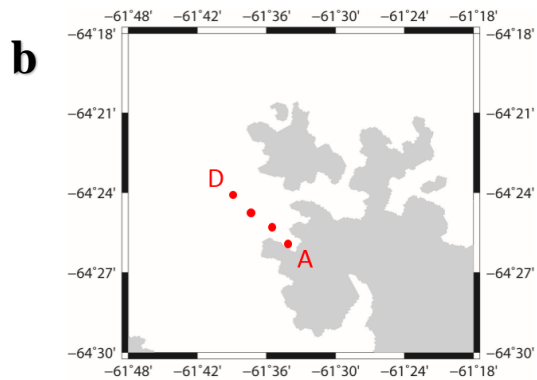
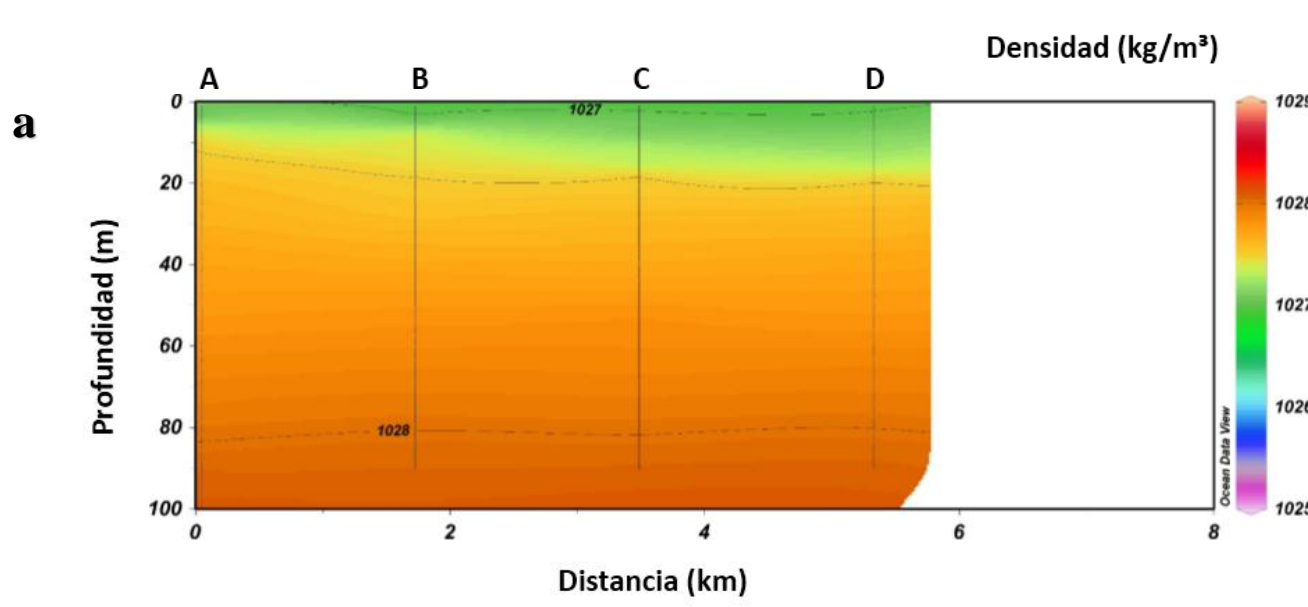


Figura 66. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en punta Eckener, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; punta Eckener (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en punta Eckener.

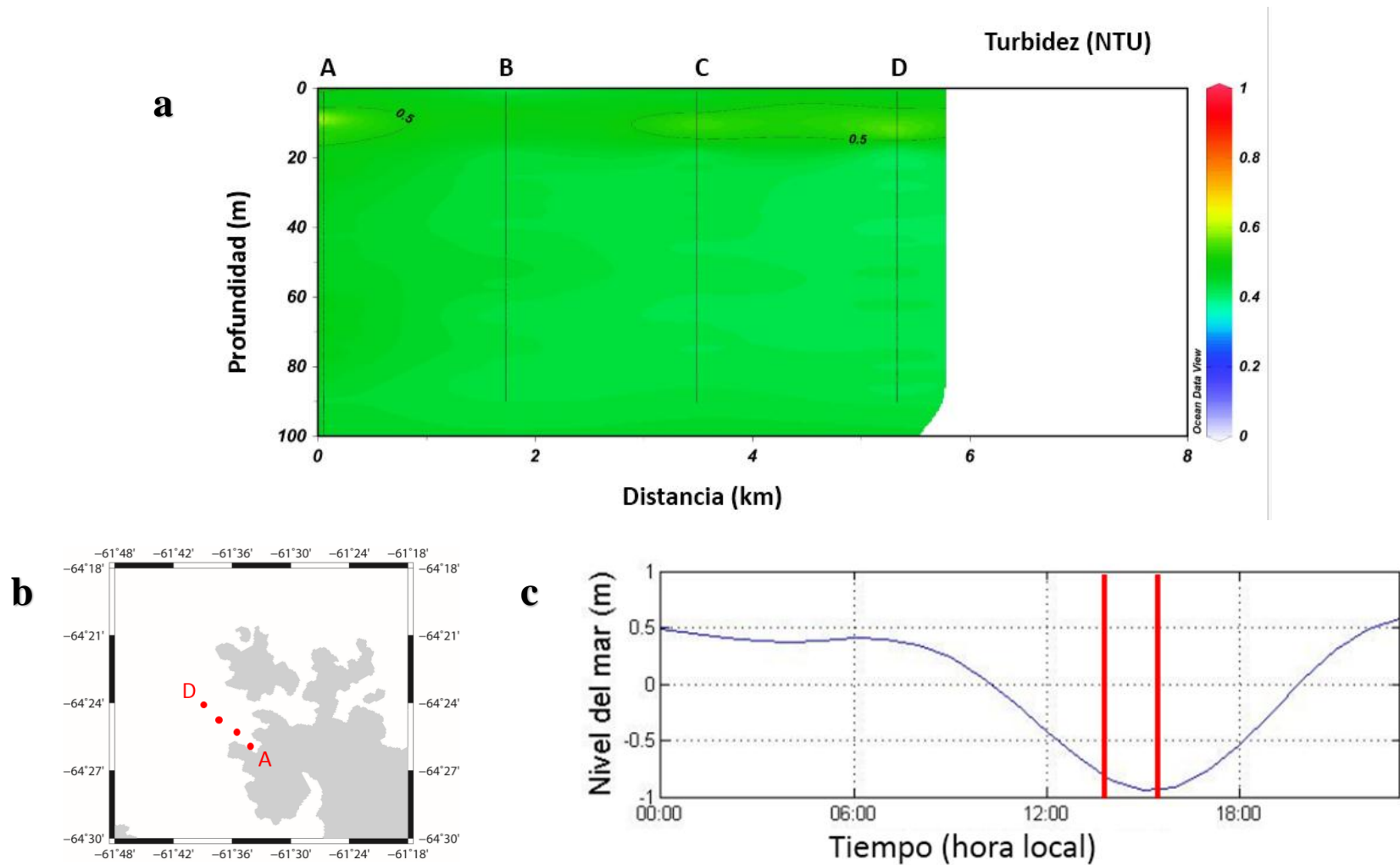


Figura 67. (a) Sección de turbidez (NTU) en punta Eckener, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; punta Eckener (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en punta Eckener.

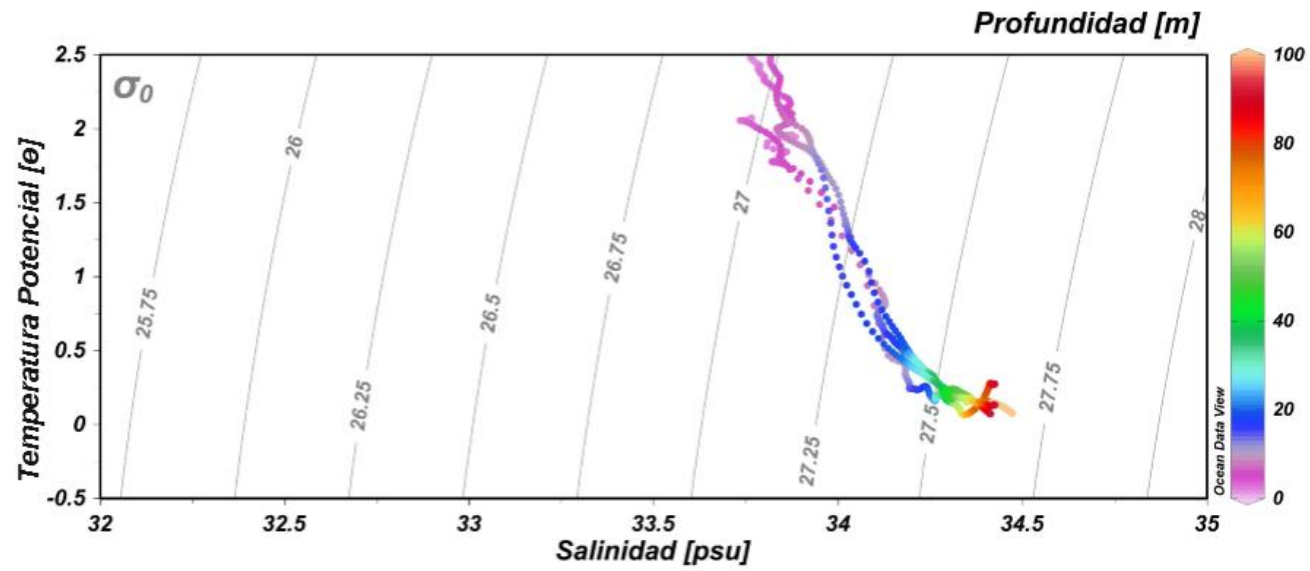
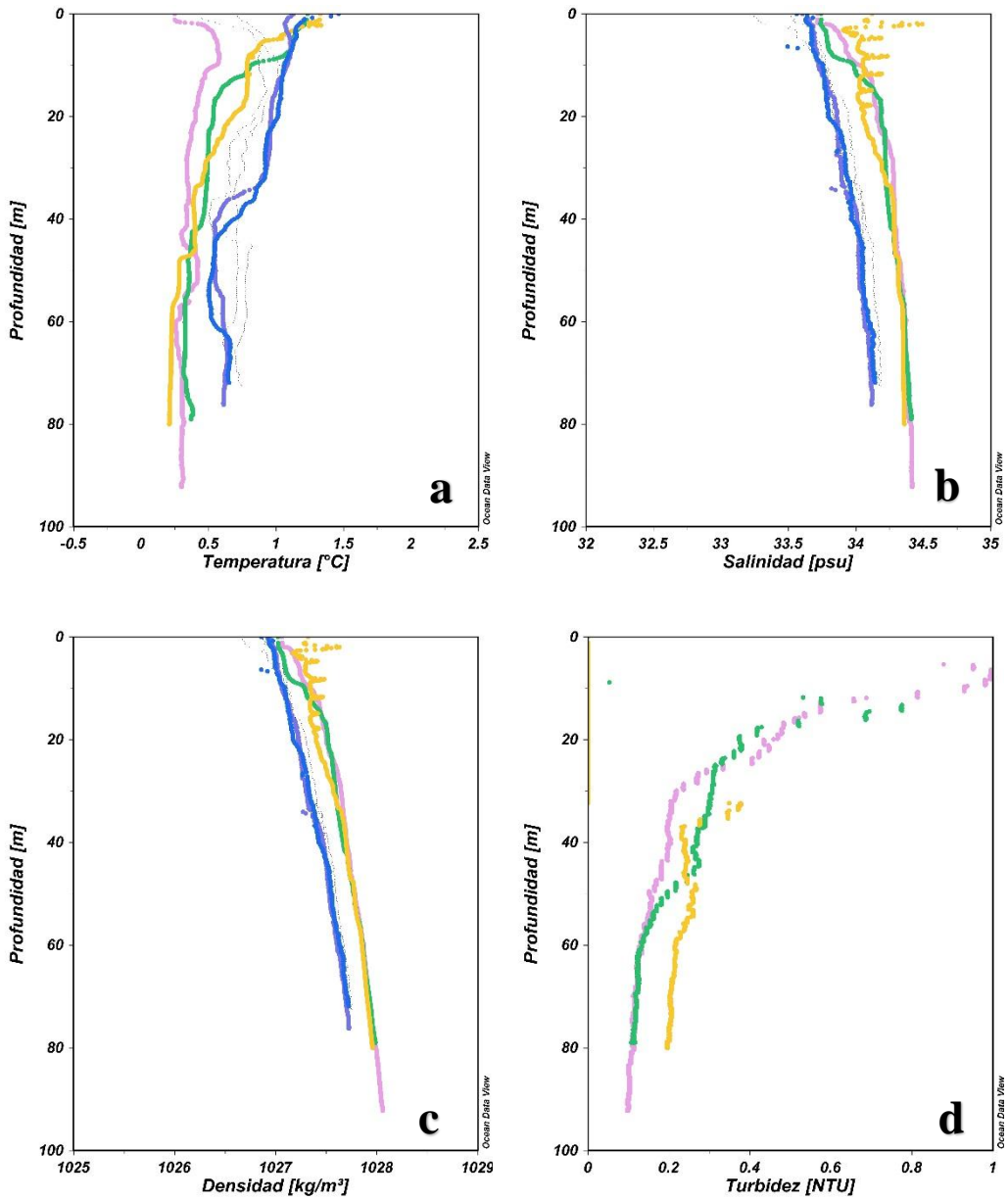


Figura 68. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la punta Eckener, campaña Antártica 2015. No se encontró evidencias de masas o aguas tipos.



● Estación A ● Estación B ● Estación C ● Estación D ● Estación E

Figura 69. Perfiles de variables oceanográficas en bahía Paraíso, campaña Antártica 2015. (a) Perfil de temperatura; (b) salinidad; (c) densidad y (d) turbidez.

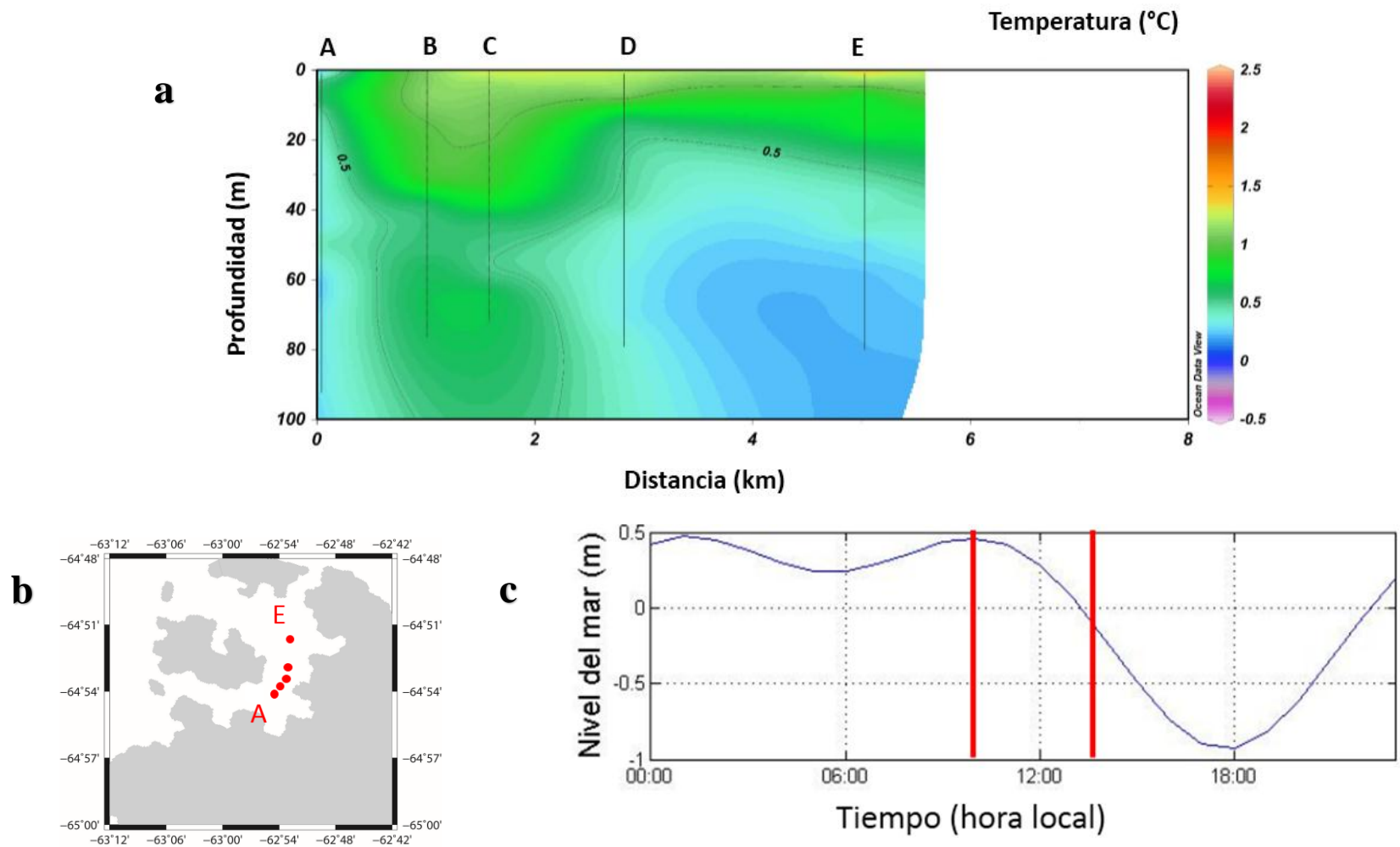


Figura 70. (a) Sección de temperatura ($^{\circ}$ C) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Paraíso (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

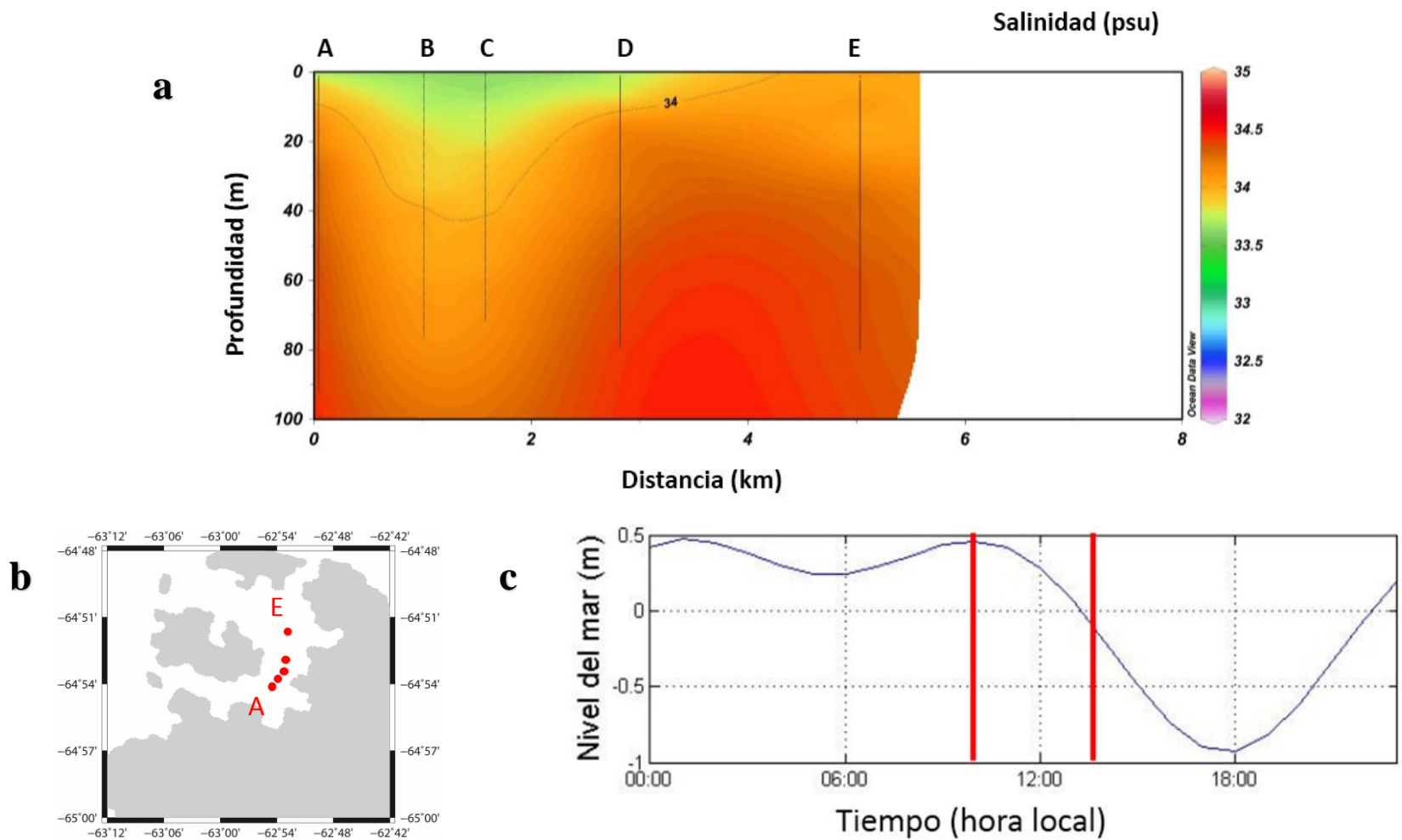


Figura 71. (a) Sección de salinidad (psu) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lanzes de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Paraíso (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

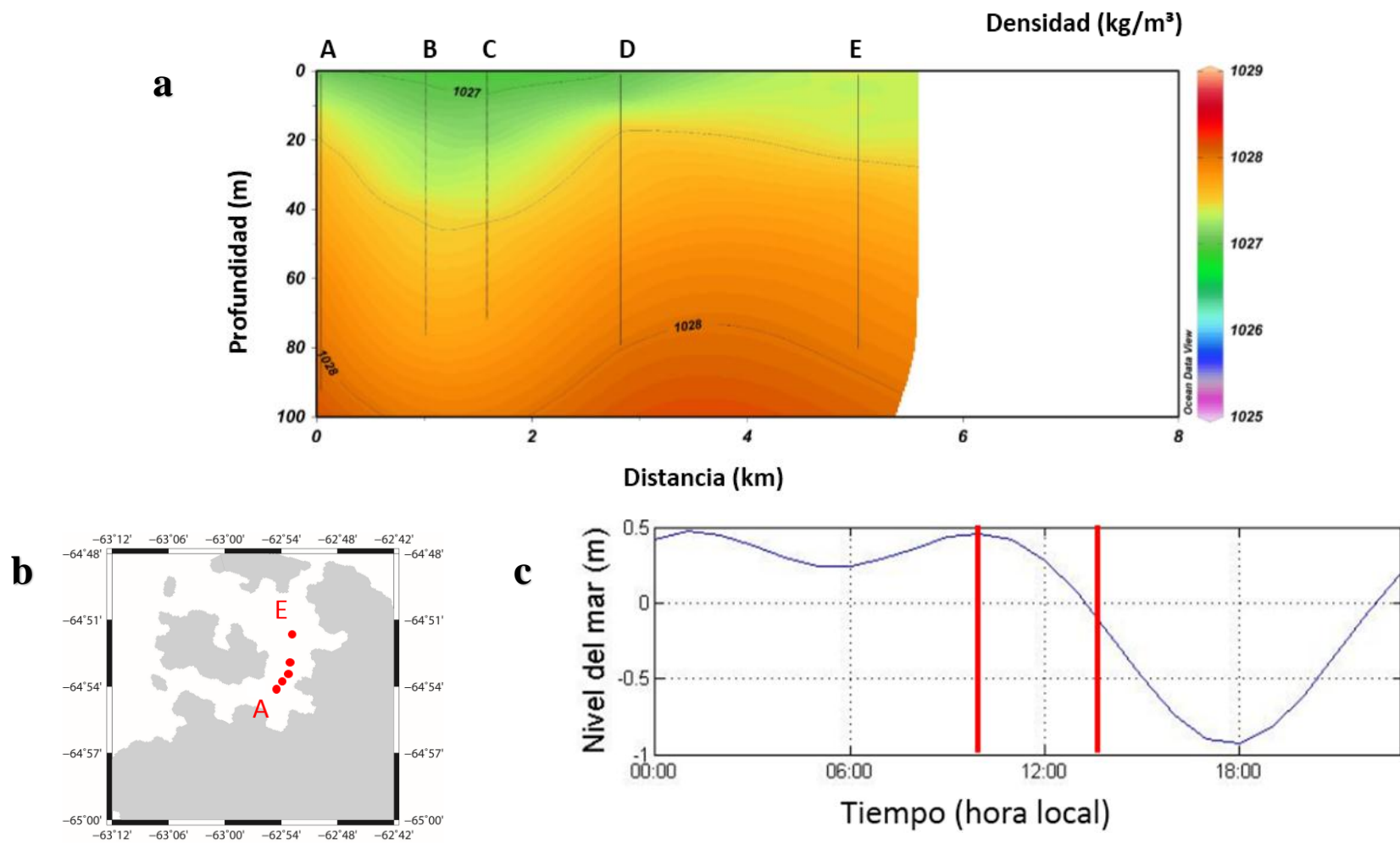


Figura 72. (a) Sección de densidad (kg/m^3) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Paraíso (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjas rojas) en bahía Paraíso.

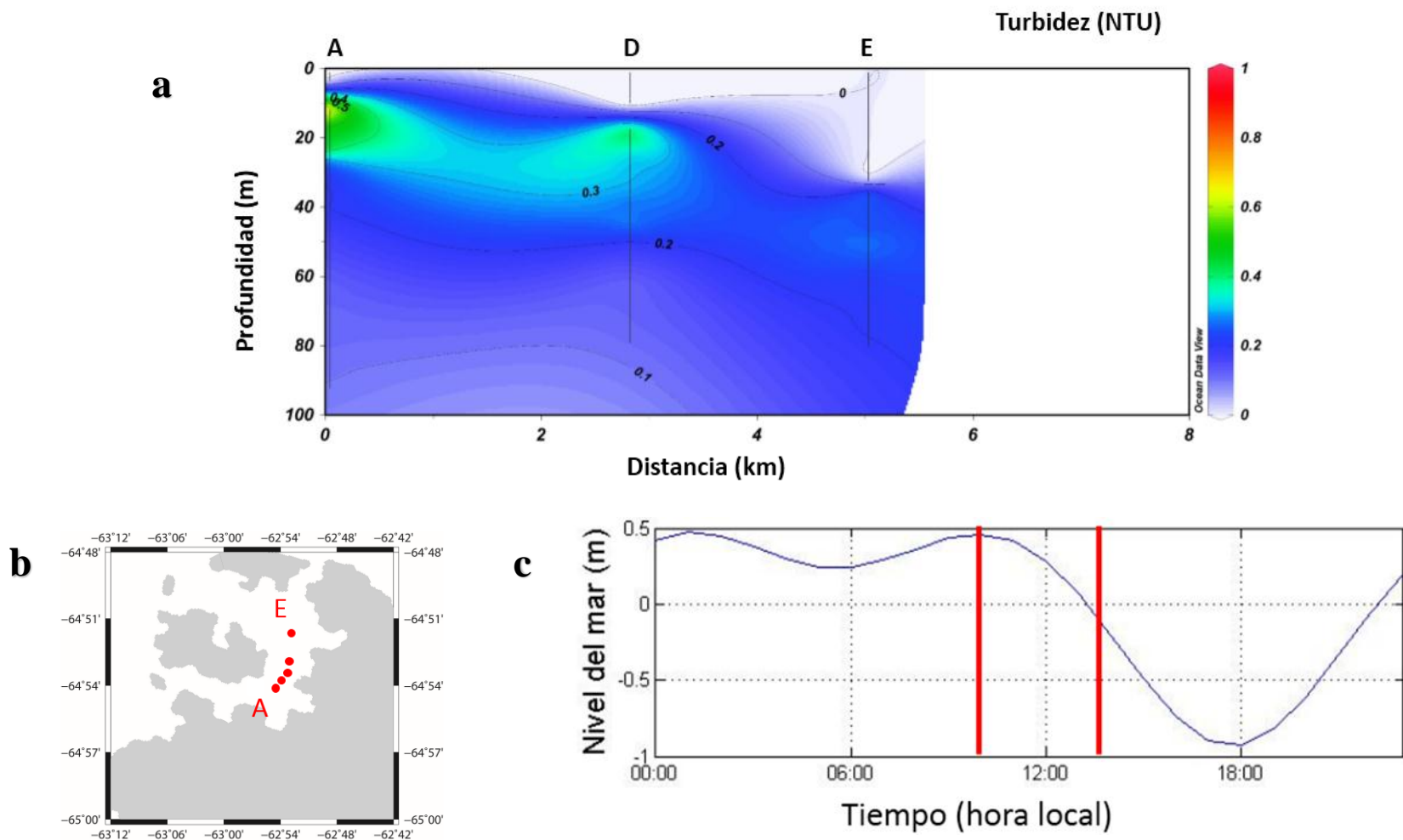


Figura 73. (a) Sección de turbidez (NTU) en bahía Paraíso, correspondiente a la campaña Antártica 2015. Las líneas verticales indican la ubicación de los lances de CTD en las respectivas estaciones oceanográficas; (b) Ubicación de las estaciones oceanográficas en; bahía Paraíso (c) registro de marea pronosticada en hora local durante las mediciones (franjeas rojas) en bahía Paraíso.

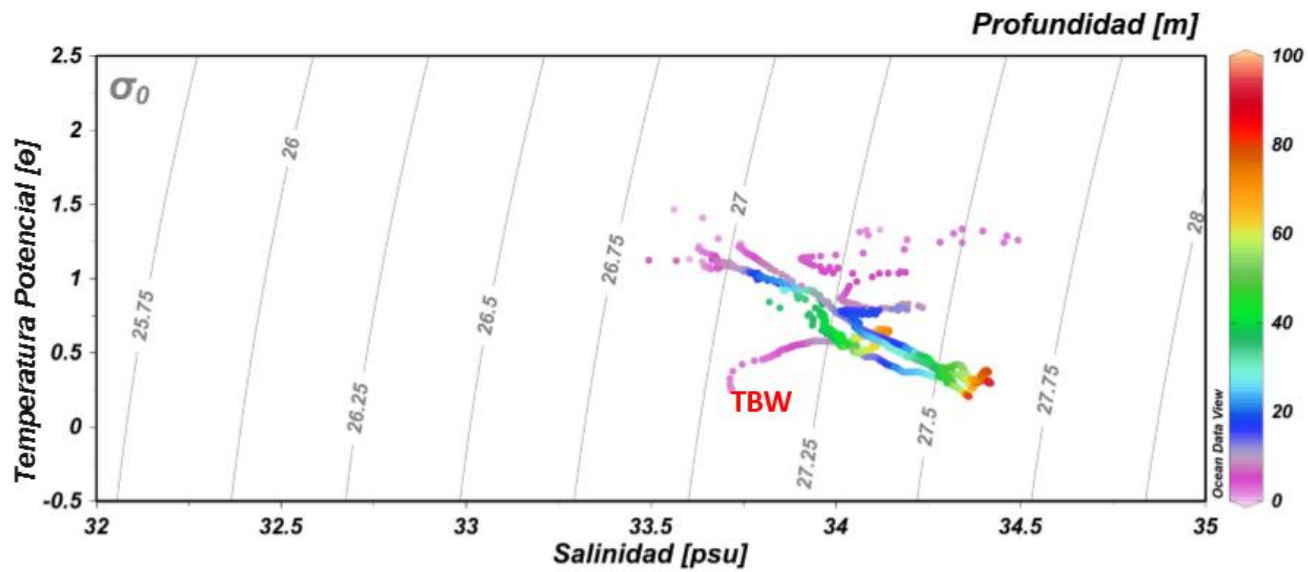


Figura 74. Diagramas de temperatura y salinidad (TS). Se identifican las masas o aguas tipos en la bahía Paraíso, campaña Antártica 2015. TBW: Agua Transicional Zonal con Influencia del Mar de Bellingshausen superficial.

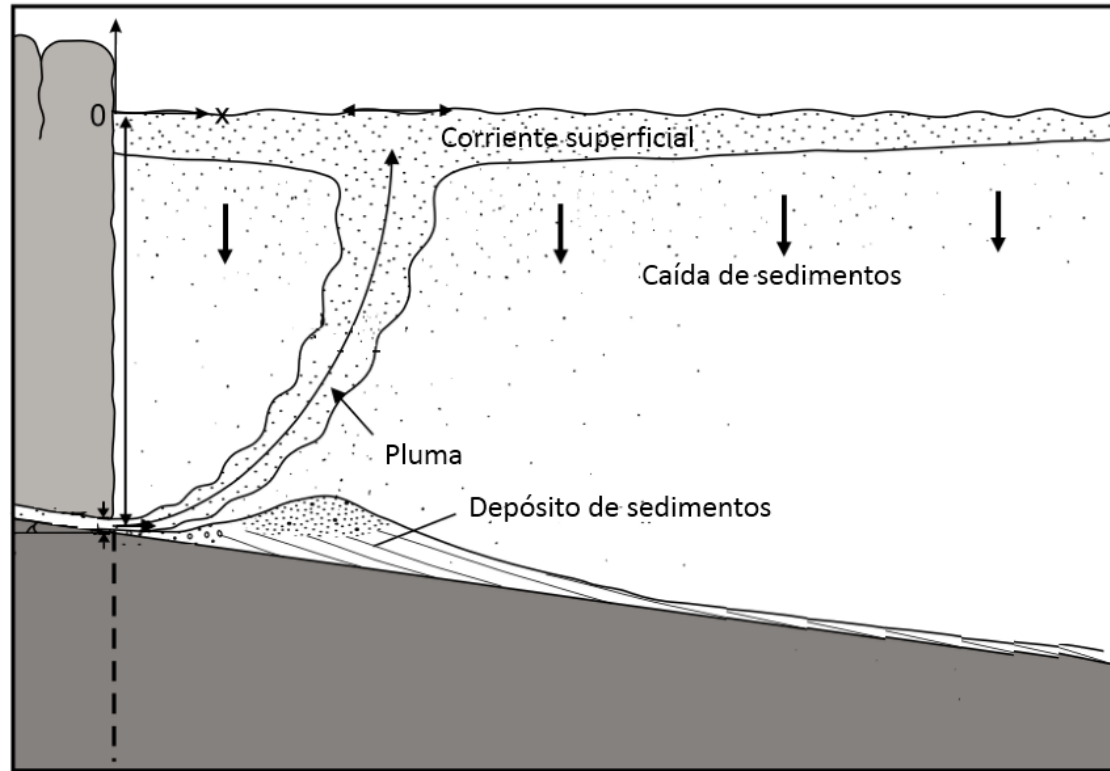


Figura 75. Esquema representativo de las plumas de sedimentos identificadas en bahía Wilhelmina, que resulta coincidente con el modelo de Mugford & Dowdeswell (2011).

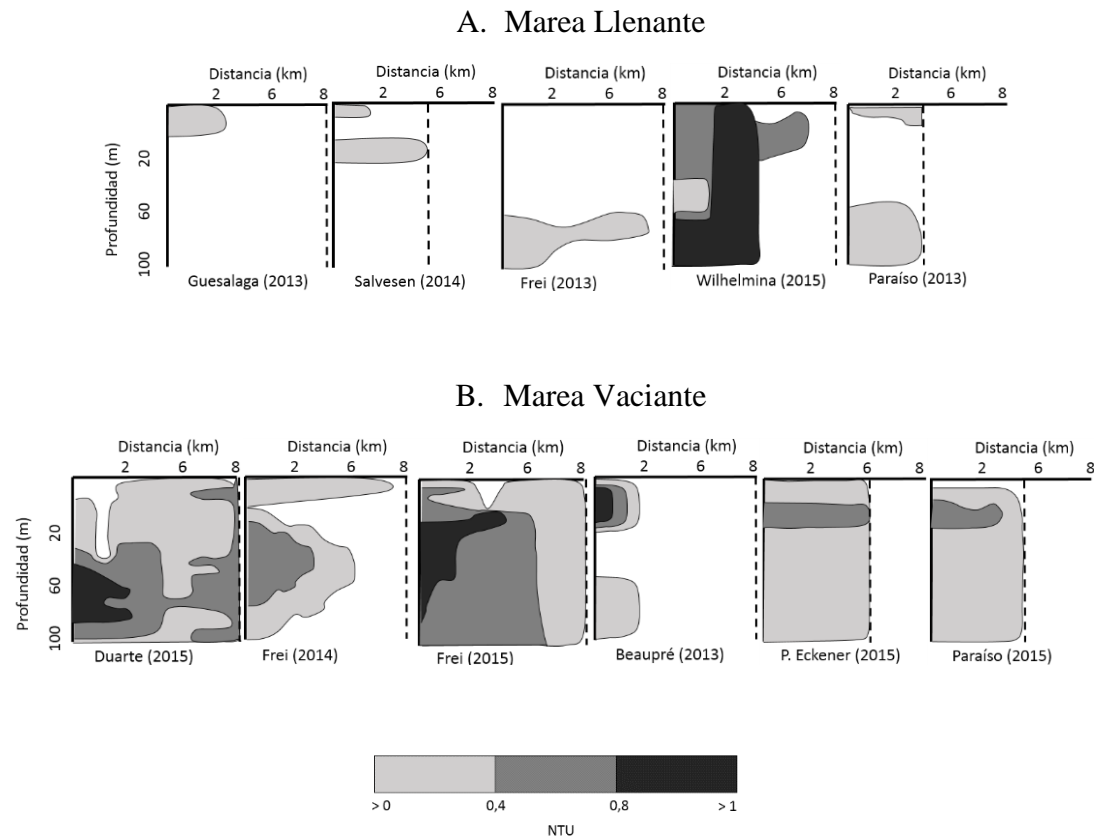
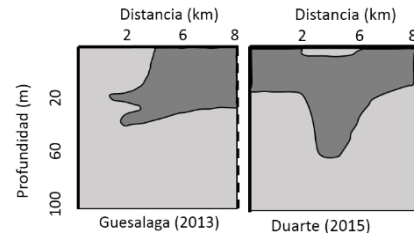


Figura 76. Esquema representativo de las plumas de sedimentos registradas en base al estado de la marea durante las mediciones, donde la escala de grises (barra inferior) indica los valores de concentración de turbidez (NTU) de cada pluma de sedimento y la línea punteada representa la estación oceanográfica más lejana en cada bahía.

A. Zona norte de la costa de Danco



B. Zona centro y sur de la costa de Danco

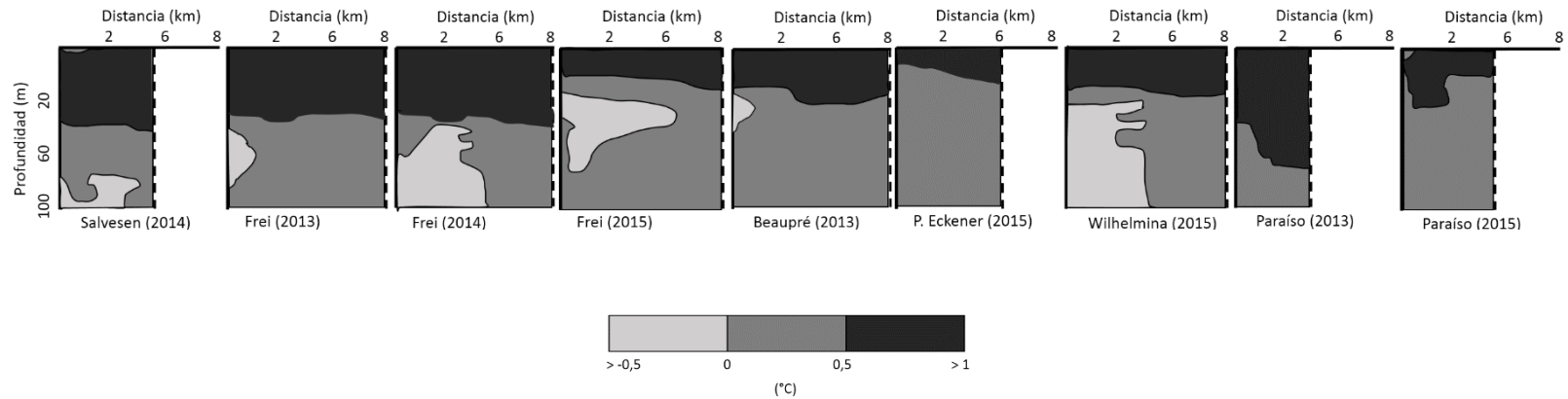


Figura 77. Esquema representativo del patrón térmico, donde la escala de grises (barra inferior) indica los valores de temperatura ($^{\circ}$ C) de cada bahía estudiada y la línea punteada representa la estación oceanográfica más lejana en cada bahía.

ANEXOS

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones oceanográficas, en la Expedición Científica Antártica INACH 49 del 2013.

Lugar	Estaciones	Fecha	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Profundidad (m)
Bahía Guesalaga	A	04/02/2013	64.062	60.750	235
	B	04/02/2013	64.048	60.757	196
	C	04/02/2013	64.030	60.765	304
	D	04/02/2013	64.008	60.796	215
Bahía Frei	A	05/02/2013	64.529	61.498	65
	B	05/02/2013	64.524	61.504	100
	C	05/02/2013	64.511	61.582	194
	D	05/02/2013	64.503	61.634	422
Bahía Beaupré	A	06/02/2013	64.693	62.287	450
	B	06/02/2013	64.683	62.259	533
	C	06/02/2013	64.679	62.249	564
	D	06/02/2013	64.660	62.230	393
	E	06/02/2013	64.637	62.230	650
Bahía Paraíso	A	06/02/2013	64.929	62.917	173
	B	06/02/2013	64.917	62.906	191
	C	06/02/2013	64.908	62.906	244
	D	06/02/2013	64.899	62.899	245

Tabla 2. Ubicación geográfica de las estaciones oceanográficas, en la Expedición Científica Antártica INACH 50 del 2014.

Lugar	Estaciones	Fecha	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Profundidad (m)
Caleta Salvesen	A	08/02/2014	64.404	61.318	244
	B	08/02/2014	64.403	61.323	252
	C	08/02/2014	64.390	61.319	291
	D	08/02/2014	64.364	61.317	247
Bahía Frei	A	09/02/2014	64.530	61.479	95
	B	09/02/2014	64.527	61.492	124
	C	09/02/2014	64.522	61.522	133
	D	09/02/2014	64.518	61.542	105
	E	09/02/2014	64.511	61.582	194
	F	09/02/2014	64.500	61.637	420

Tabla 3. Ubicación geográfica de las estaciones oceanográficas, en la primera Expedición Científica Antártica de Colombia del 2015.

Lugar	Estaciones	Fecha	Latitud (° S)	Longitud (° W)	Profundidad (m)
Ensenada Duarte	A	05/02/2015	64.205	60.909	130
	B	05/02/2015	64.205	60.923	192
	C	05/02/2015	64.206	60.941	200
	D	05/02/2015	64.209	60.979	250
	E	05/02/2015	64.210	61.016	200
	F	05/02/2015	64.212	61.055	230
Bahía Frei	A	04/02/2015	64.527	61.492	328
	B	04/02/2015	64.524	61.507	180
	C	04/02/2015	64.522	61.522	90
	D	04/02/2015	64.519	61.541	134
	E	04/02/2015	64.511	61.582	115
	F	04/02/2015	64.500	61.638	136
Bahía Wilhelmina	A	29/01/2015	64.722	62.053	142
	B	29/01/2015	64.700	62.066	200
	C	29/01/2015	64.686	62.079	450
	D	29/01/2015	64.669	62.087	462
	E	29/01/2015	64.656	62.100	460
Punta Eckener	A	18/01/2015	64.432	61.568	120
	B	18/01/2015	64.421	61.592	147
	C	18/01/2015	64.412	61.622	225
	D	18/01/2015	64.401	61.651	285
Bahía Paraíso	A	21/01/2015	64.902	62.910	240
	B	21/01/2015	64.895	62.897	240
	C	21/01/2015	64.891	62.890	240
	D	21/01/2015	64.880	62.886	282
	E	21/01/2015	64.860	62.880	233