



Anexo “10”

Proyecto “Hidrodinámica y masas de agua del Pacífico Sur Americano y su conexión con las aguas Antárticas en el verano austral del 2017”

1. Relación con la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035

Este proyecto se enmarca en el área temática “Relaciones entre Suramérica y Antártida”, línea de investigación “Oceanografía” y sub-línea “Oceanografía Física”, de conformidad con lo establecido en la Agenda Científica Antártica de Colombia.

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto:

Investigador principal: CN Rafael Ricardo Torres Parra

Entidad que representa: ENAP / DIMAR

Actividades desarrolladas en la Antártida a bordo del ARC 20 de Julio.

Co-investigador: TF Laura Alejandra Velásquez Guecha

Entidad que representa: ENAP

Las actividades previstas en la Antártida a bordo de un buque argentino no pudieron realizarse.

Co-investigador: OD18 José Luis Payares Varela

Entidad que representa: ENAP

Actividades desarrolladas en la Antártida a bordo del ARC 20 de Julio.

3. Otras entidades participantes

La Armada Nacional de Colombia con el apoyo del ARC 20 de Julio y la Dirección General Marítima.

4. Objetivo general del proyecto

Analizar la hidrodinámica y las masas de agua del Pacífico Sudeste Americano y su conexión con las aguas antárticas durante el verano Austral de 2017.

5. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral 2015-2016.



- 5.1. Tomar perfiles de temperatura, conductividad, presión y oxígeno en el Océano Pacífico a lo largo de la costa suramericana y en el estrecho de Gerlache en el verano austral 2017.
- 5.2. Analizar el comportamiento de las masas de agua a través de sus características físicas.
- 5.3. Describir la hidrodinámica del área con base en el comportamiento de las masas de agua.
- 5.4. Comparar los perfiles obtenidos con los medidos en la I expedición de Colombia a la Antártida.

6. Base o buque donde desarrollaron los objetivos particulares

Buque ARC 20 de Julio de la Armada de Colombia. El buque zarpó de Cartagena el 16 de diciembre de 2016, regresando al mismo puerto el 1 de marzo de 2017. El itinerario y ruta del buque de acuerdo con la Tabla 3 del informe final “Crucero Expedición de Colombia a la Antártida 2016-2017”.

7. Descripción de equipo científico y de apoyo

Para la obtención de los perfiles de presión, temperatura, salinidad, fluorescencia, turbidez y oxígeno disuelto, se emplearon dos perfiladores marinos (CTDO), protegidos el SBE25 por una canastilla de acero inoxidable y el SBE 19 Plus V2 instalado en la roseta muestreadora SBE 32. Los CTDO son descritos en la Tabla 5 del informe final “Crucero Expedición de Colombia a la Antártida 2016-2017”. Estos equipos se utilizaron con la Plataforma Móvil Embarcada (PMO) que acondicionó DIMAR a bordo del ARC 20 de Julio, con los winches de los buques oceanográficos.

Los datos obtenidos en cada lance, se almacenaban en cada perfilador durante el despliegue, posteriormente los registros en bruto se descargaron a través de un puerto RS-232 marino a una computadora de escritorio. Este archivo contiene información de la marca, modelo, serie, archivo de configuración, hora, fecha, estatus del perfilador, número de captura y la información del voltaje de los sensores (datos “crudos”). El procesamiento aplicado a cada archivo obtenido se realizó con el software provisto por el fabricante, el cual se presenta en el Anexo correspondiente al proyecto ICEMAN-Oceanografía, del “Informe III Expedición de Colombia a la Antártida”.

Durante el crucero se analizaban de forma preliminar los datos para efectuar seguimiento y control de calidad. En la primera estación se bajaron los dos perfiladores en simultáneo. Se logró evidenciar un error constante en la salinidad derivada con el SBE 19 Plus V2, con respecto de la salinidad derivada con el CTDO SBE 25. Para corregir este error fue necesario sumar 0.219 unidades de salinidad a los datos del perfilador SBE 19 Plus V2. Este error se definió mediante



la comparación con los datos del CTDO SBE 25, análisis de masas de agua y comparación con resultados del I crucero a la Antártida. Al término de crucero se enviará este CTDO a la casa de fábrica para calibración y verificación del error.

8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

En la Tabla 1 se muestran las estaciones realizadas con CTDO durante la III expedición.

Tabla 1. Estaciones de toma de datos de CTDO en orden cronológico.

Nombre ^a	Fecha	Latitud S (grados)	Longitud W (grados)	Profundidad (m)	Transecto
S01	19/12/16	3.930	-81.263	1262	a
S03	21/12/16	-4.735	-83.550	1385	a
S04	23/12/16	-13.336	-79.575	1423	a
S06	25/12/16	-21.314	-75.622	1441	a
S09	02/01/17	-37.382	-73.993	1017	a
S10	12/01/17	-59.435	-64.095	549	a; b
G16	14/01/17	-64.768	-62.856	442	
G17	14/01/17	-64.662	-62.898	453	c
G18	15/01/17	-64.982	-63.455	402	a; b
G21	15/01/17	-65.032	-63.340	266	a; b
G22	16/01/17	-64.901	-63.754	426	a; b
G27	16/01/17	-64.851	-63.967	423	a; b
G28	17/01/17	-63.938	-60.772	227	
G04	20/01/17	-64.074	-61.189	286	
G24	20/01/17	-64.179	-61.378	340	
G06	21/01/17	-64.274	-61.832	1018	c
G11	21/01/17	-64.419	-62.186	520	c
G10	21/01/17	-64.470	-62.111	483	
G25	22/01/17	-64.537	-62.769	305	
G26	22/01/17	-64.518	-62.694	254	
G13	22/01/17	-64.564	-62.592	729	c
G12	22/01/17	-64.583	-62.257	442	
G09	23/01/17	-64.468	-61.927	314	
G08	23/01/17	-64.454	-61.800	303	
G05	23/01/17	-64.366	-61.687	527	
G07	23/01/17	-64.256	-61.948	371	
G01	23/01/17	-63.956	-61.703	1059	c
G02	23/01/17	-64.041	-61.543	175	
G03	24/01/17	-64.085	-61.372	683	
G29	28/01/17	-62.393	-58.662	1046	c

^a En los nombres los prefijos indican: S – estación oceanográfica en el Pacífico y Pasaje de Drake; D – estación de toma de sedimentos con draga. ^b El transecto indica si la estación se empleó en las figuras de perfiles de parámetros mostradas en los resultados.



En la Figura 1 se presenta la ubicación de las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero, indicando unos transectos que son analizados en la sección de resultados preliminares.

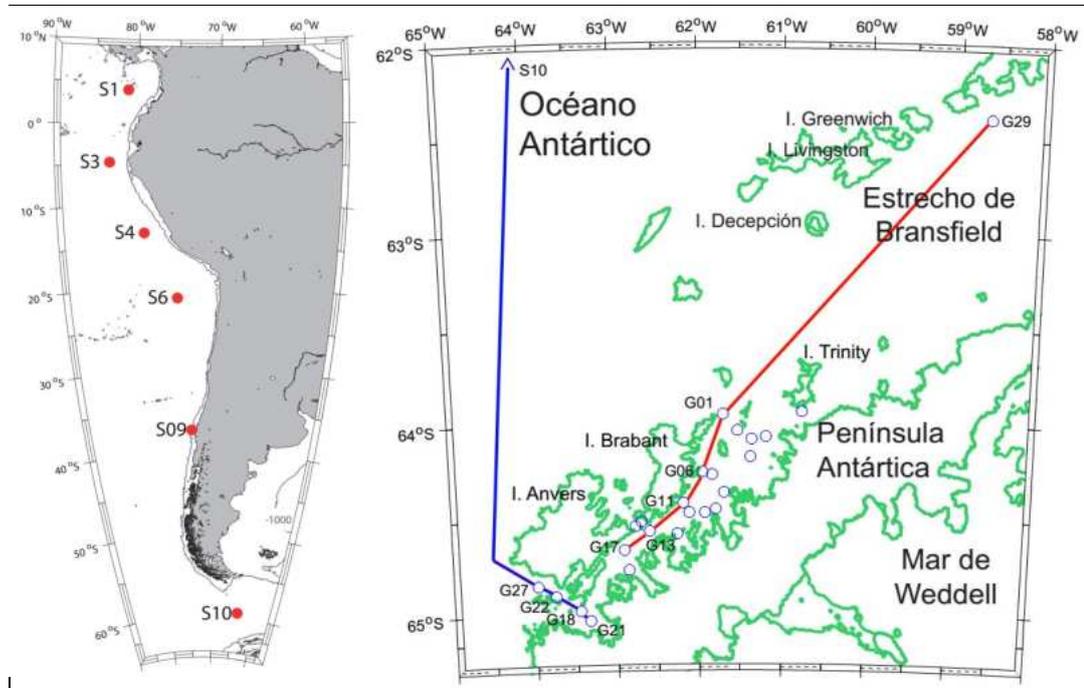


Figura 1. Posición de las estaciones oceanográficas. Izquierda, estaciones en el Océano Pacífico a lo largo de la costa suramericana. Derecha, estaciones en la Antártida. Solo llevan nombre las estaciones incluidas en los transectos analizados, así: transecto a: estaciones en el Océano Pacífico y las del segmento azul; transecto b: estaciones del segmento azul, incluyendo la S10 en el Pasaje de Drake; transecto c: estaciones del segmento rojo.

9. Resultados preliminares

En la Figura 2 se muestran las profundidades de la cuenca del Pacífico Sudeste con base en información del proyecto ETOPO2 (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/ETOPO2v2-2006/ETOPO2v2q/>), con valores disponibles cada 2 minutos de grado. En la figura se observa en rojo la delgada plataforma continental de la costa suramericana en el Pacífico, lo que permite observar la mínima afectación de la topografía submarina al tránsito de aguas intermedias y profundas de la Antártida hacia la zona ecuatorial en esta área.

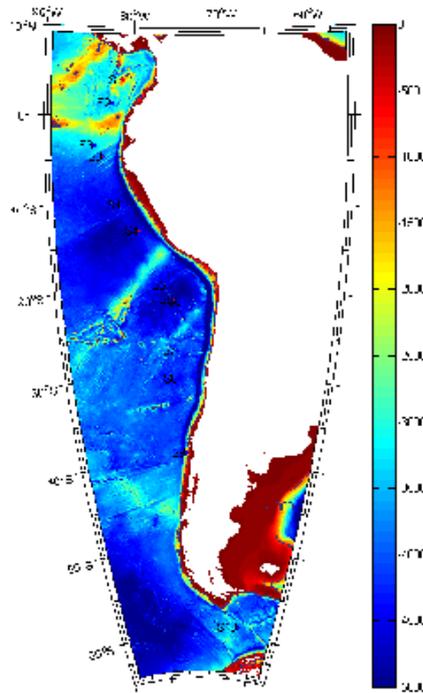


Figura 2. Profundidades en metros para el Pacífico Sudeste. En rojo las aguas más someras que indican la plataforma continental.

En la Figura 3 se muestran las profundidades del área de estudio con base en información del proyecto GEBCO (http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/), con valores disponibles cada 0.5 minutos de grado. Durante el crucero se realizaron comparaciones entre esta base de datos y los datos medidos por ecosonda a bordo del buque, encontrando excelente concordancia. En esta figura se observa en colores rojos y amarillos la plataforma continental de la Península Antártica, en tanto que en azul el margen continental y océano profundo.

Nótese las limitaciones en circulación de aguas a más de ~400 metros de profundidad en el Estrecho de Gerlache por efecto de la topografía submarina, la cual separa las aguas en el estrecho al norte de la Isla Anvers (Figura 1) con las del sur. La conexión de las aguas a más de ~400 m de profundidad en la parte norte del Estrecho de Gerlache por las limitaciones de topografía se da con aguas del Estrecho de Bransfield (Figura 1), las cuales están conectadas por el noreste con el Mar de Weddell en la mayor parte de la columna de agua (Hofmann et al., 1996); en tanto que al sur de la Isla Anvers, las aguas se conectan con el Océano del Sur – Pasaje de Drake por el oeste.

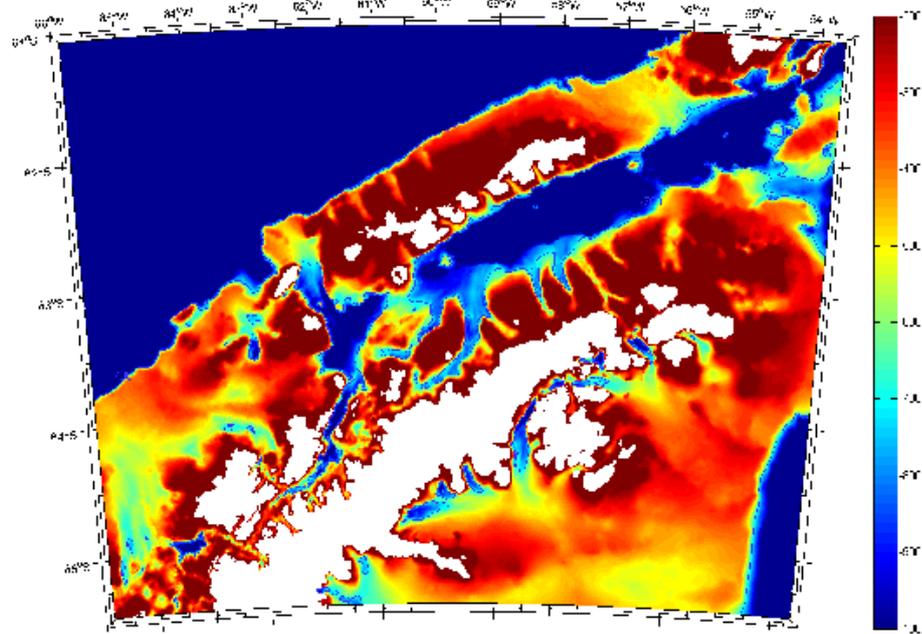


Figura 3. Profundidades en metros para el área de estudio. Rojo intenso, valores menores a 200 m; azul intenso, valores mayores a 1000 m.

En la Figura 4 se presenta el diagrama TS de las estaciones oceanográficas realizadas en el Océano Pacífico en la III y I expedición de Colombia a la Antártida. La información respecto de la metodología y posición de las estaciones oceanográficas de la I expedición se puede encontrar en el informe correspondiente (Molares, 2015).

En los diagramas TS de las dos expediciones se puede observar que las estaciones más al norte en la parte superficial y subsuperficial cuentan con características del “Agua Ecuatorial del Pacífico Norte – NEPW”, así como “Agua Ecuatorial Subsuperficial”. El par TS a 400 m de profundidad en la estación del Pasaje de Drake (S10) es la única con densidad potencial menor a 27.3 Kg/m^3 (Figura 4 izquierda); se observa claramente como en la medida que las estaciones se encuentran más hacia el Ecuador, a la misma profundidad las aguas se hacen menos densas, lo cual indica como el agua intermedia que se forma en la Antártida, en la medida que se transporta hacia el norte se va profundizando. Otra forma de ver lo mismo, es siguiendo el mínimo de salinidad por debajo de la densidad de 26.8 Kg/m^3 ; el cual sirve de indicador de la presencia del Agua Intermedia Antártica en todas las estaciones con densidades entre 27 y 27.3 Kg/m^3 . Esto se observa en las estaciones de los dos cruceros con dos años de diferencia. Si bien en las estaciones del Pacífico no se lograron tomar datos lo suficientemente profundos para observar el “Agua Profunda Antártica – AABW”, si se observa en los datos más profundos de todas las estaciones (en especial



durante la III expedición) una convergencia hacia este par TS, pero al parecer con un grado más de temperatura, lo cual podría ser una consecuencia del calentamiento del océano, lo cual debe ser estudiado con mayor profundidad.

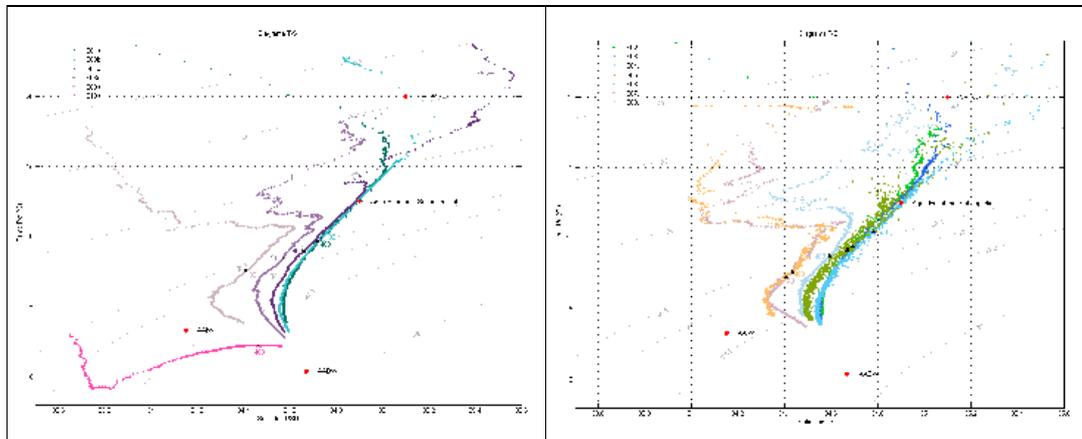


Figura 4. Diagrama T-S (temperatura-salinidad) de las estaciones oceanográficas realizadas en el Océano Pacífico en el verano austral 2016-2017 (izquierda) y 2014-2015 (derecha). Cada estación señalada con colores diferentes. Se indican los pares TS de algunas masas de agua de acuerdo con la bibliografía así: agua ecuatorial del Pacífico norte (NEPW 20°C/35.1); agua ecuatorial subsuperficial (12.5°C/34.9); agua intermedia antártica (AAIW 3.3°C/34.15); agua profunda antártica (AABW 0.4°C/34.67). Con puntos negros se señala el par TS de cada estación a 400 m de profundidad. Se incluye la estación del Pasaje de Drake (S10 en magenta) entre las estaciones de la izquierda. En gris, isolíneas de densidad potencial.

En la Figura 5 se presenta el diagrama TS de las estaciones oceanográficas realizadas en la Antártida durante la III y I expedición de Colombia a este continente. La información respecto de la metodología y posición de las estaciones oceanográficas de la I expedición se puede encontrar en el informe correspondiente (Molares, 2015).

Al observar las estaciones realizadas en la I expedición llamó la atención como unas estaciones no convergían en profundidad hacia donde lo hacían las demás, por lo cual para la III expedición se decidió tomar perfiles más profundos cuando fuese posible, así como realizar la estación S10 en el Pasaje de Drake y la G29 en el Estrecho de Bransfield. En el lado izquierdo de la Figura 5 se observan como la estación en Drake (S10 azul) y las estaciones más al sur del Estrecho de Gerlache (G18, G21, G22 y G27, las cuales están limitadas por la profundidad) convergen hacia un par TS cercano a 1.6°C/34.7, lo cual corresponde a Agua Profunda Circumpolar (CDW por sus siglas en inglés) con temperaturas mayores a 1°C y salinidades entre 34.6 a 34.73 (Hoffman et al., 1996); por el contrario, el resto de estaciones, algunas con más de 1000 m de profundidad, tienen un



comportamiento similar al encontrado en la estación realizada en Bransfield (G29 amarillo), convergiendo hacia un par TS (-1.5°C/34.55). Nótese igualmente la similitud en el diagrama TS entre la estación G27 (rojo), la más al suroeste entre 30 a 50 m de profundidad, y la estación en Drake (S10 azul) entre 80 a 150 m de profundidad; lo cual reafirma la conexión entre las características del Estrecho de Drake con las del sur del Estrecho de Gerlache, debido a las limitaciones en la topografía submarina en el Estrecho (Figura 3).

Este análisis corrobora lo observado al describir la topografía submarina, la cual causaría que las características de las aguas en el Estrecho de Gerlache a más de ~400 m de profundidad sean diferentes, siendo las del norte similares a las del Estrecho de Bransfield – Mar de Wedell; y las del sur similares a las del Pasaje de Drake.

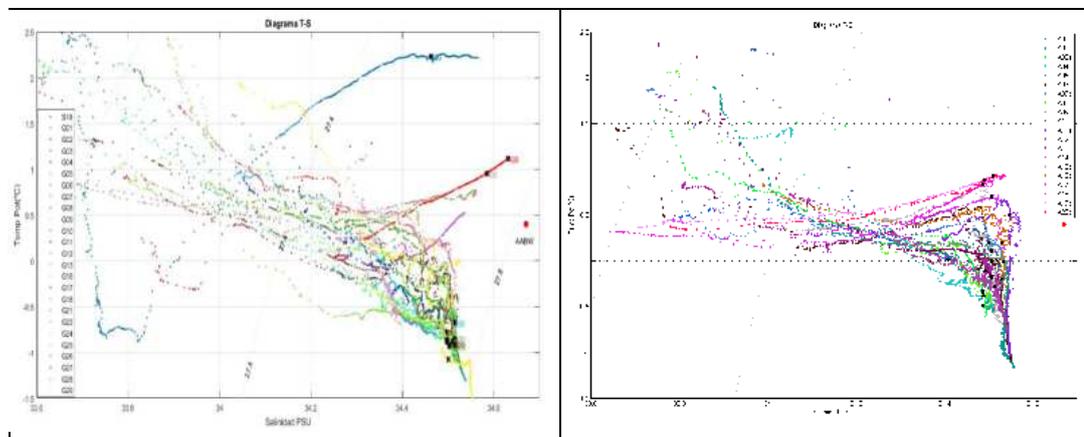


Figura 5. Diagrama T-S (temperatura-salinidad) de las estaciones oceanográficas realizadas en la Antártida en el verano austral 2016-2017 (izquierda) y 2014-2015 (derecha). Cada estación señalada con colores diferentes. Con un asterisco rojo se indica el par TS del agua profunda antártica (AABW 0.4°C/34.67). Con puntos negros se señala el par TS de cada estación a 400 m de profundidad. Se incluye la estación del Pasaje de Drake (S10 en azul) entre las estaciones de la izquierda. En gris, isolíneas de densidad potencial.

El Agua del Estrecho de Bransfield (BS por sus siglas en inglés) se caracteriza por temperaturas menores a 0°C, y salinidad entre 34.45 y 34.6 (Hoffman et al., 1996), hacia donde claramente convergen las aguas de las estaciones del norte del Estrecho de Gerlache (Figura 5). Es interesante notar que pese a la diferencia en los pares TS entre el Agua Profunda Antártica (AABW), CDW y BS, todas tienen una densidad cercana a los 1027.8 Kg/m³; este comportamiento debe ser objeto de una revisión literaria más detallada.



Con el fin de analizar las variaciones meridionales de la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno en la columna de agua entre diferentes estaciones oceanográficas, se presentan secciones transversales (profundidad / distancia) en tres transectos (Figura 1) definidos así: el transecto “a” (Figura 6) con las estaciones del Océano Pacífico, Pasaje de Drake y sur del Estrecho de Gerlache; transecto “b” (Figura 7) con las estaciones del Pasaje de Drake y sur del Estrecho de Gerlache; y transecto “c” (Figura 8) con las estaciones del Estrecho de Bransfield y norte del Estrecho de Gerlache. La selección de los transectos tuvo en cuenta lo observado en los diagramas TS, buscando mostrar las diferencias en las masas de agua entre el sur y norte del Estrecho de Gerlache. Nótese que los transectos “b” y “c” tienen la misma escala de colores.

En la Figura 6 se puede observar de derecha (Antártida) hacia la izquierda (Pacífico Ecuatorial) como el agua densa ($<27.3 \text{ kg/m}^3$) que se encuentra a ~50 m en la Antártida, y a ~200 m en el Pasaje de Drake (distancia de ~7400 Km) se va encontrando a profundidades de más de 800 m en las estaciones del Pacífico. Esto indicaría el tránsito de Aguas Intermedias Antárticas (AAIW). En la estación S09 (Figura 1) frente a las costas de Chile, se observa la presencia de estas aguas hacia el par TS ($5.2^\circ\text{C}/34.24$ - Figura 4); al buscar estas condiciones de temperatura y salinidad en la Figura 6 (distancia de ~4800 Km), se observa que el centro de las AAIW en esta estación (S09) se encuentra hacia una profundidad de ~700 m.

De forma similar en la estación S04 frente a las costas peruanas (Figura 1), se observa la presencia de estas aguas hacia el par TS ($5.2^\circ\text{C}/34.5$ - Figura 4); al buscar estas condiciones de temperatura y salinidad en la Figura 6 (distancia de ~2000 Km), se observa que el centro de las AAIW en esta estación (S04) se encuentra hacia una profundidad de ~850 m. Lo anterior indica que el mejor trazador de las AAIW es el mínimo de salinidad en cada una de las estaciones a más de 300 m de profundidad.

Nótese que las AAIW tienen igualmente una firma característica con mayor oxígeno disuelto. En el último panel de la Figura 6, se observa como el agua rica en oxígeno en la superficie de la Antártida (derecha), en la medida que viaja hacia el norte (izquierda) se va con la distancia profundizando y perdiendo su alto contenido de oxígeno. Este comportamiento es la razón de encontrar en las estaciones del Pacífico, aguas ricas en oxígeno por debajo de la capa entre 200 m y 400 m donde está el valor mínimo de oxígeno en la columna de agua. Comportamientos similares se observaron en los datos de la primera expedición.

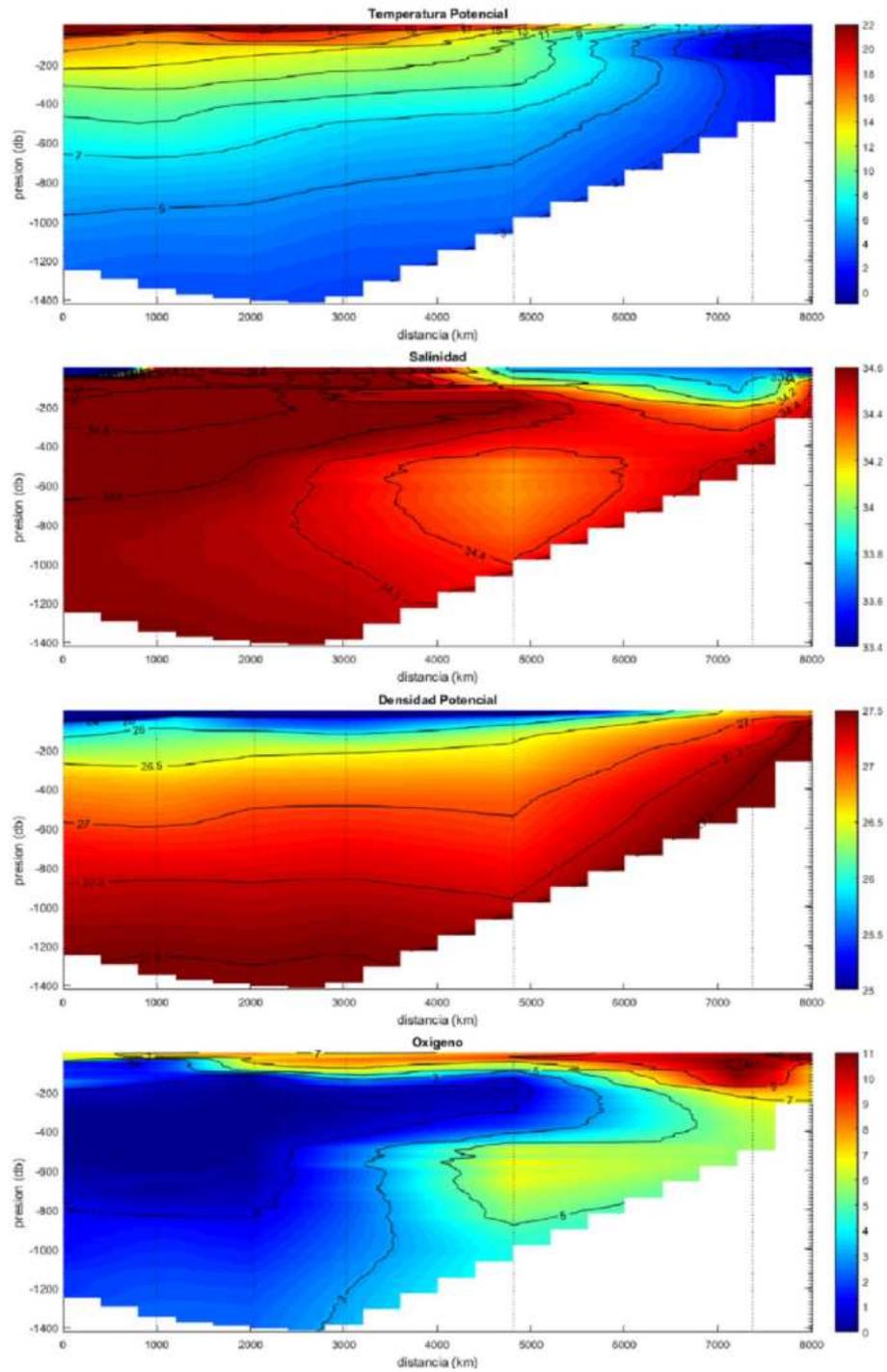


Figura 6. Secciones transversales de las estaciones oceanográficas en el transecto "a" en el Océano Pacífico a lo largo de la costa suramericana, pasaje de Drake y sur del Estrecho de Gerlache. Distancia medida a partir de la estación más al norte en kilómetros. La ubicación de las estaciones señalada con líneas punteadas verticales. De arriba hacia abajo, temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, densidad potencial (Kg/m^3) y oxígeno (mg/L).



En el panel de oxígeno disuelto de la Figura 6, también se puede observar el tránsito del Agua Ecuatorial Superficial (que provienen del norte – izquierda), la cual se caracterizaría por tener el contenido mínimo de oxígeno, así como alta salinidad. Así por ejemplo en la estación S09 (Figura 1) frente a las costas de Chile, se observa la presencia de estas aguas hacia el par TS ($11^{\circ}\text{C}/34.61$ - Figura 4); al buscar estas condiciones de temperatura y salinidad en la Figura 6 (distancia de ~ 4800 Km), se observa que estas condiciones se dan hacia los 200 m de profundidad en la mencionada estación. La trazabilidad de esta Agua Ecuatorial hacia la Antártida no puede describirse en más detalle por la gran distancia (~ 2500 Km) entre la estación S09 y S10.

La profundidad de las estaciones no permite analizar el comportamiento del AABW.

La Figura 7 y Figura 8 buscan mostrar las diferencias entre las masas de agua presentes en el Estrecho de Gerlache. Para esto se mantuvo la misma escala de colores en las variables de las dos figuras. En su interpretación se debe tener precaución, pues el transecto “b” muestra profundidades hasta los 550 m, en tanto que en el transecto “c” se muestran profundidades hasta poco más de los 1000 m.

En el caso de la temperatura, la escala de colores está entre los -1.5 y 2.5°C . En el transecto b (Figura 7) la temperatura está en su mayoría sobre 0°C , con la excepción de valores negativos medidos en la estación S10 (Pasaje de Drake a la izquierda), entre los 70 y 160 m de profundidad, donde la temperatura no alcanza a bajar de -1°C . Por el contrario, en el transecto c (Figura 8) por debajo de los ~ 140 m, la temperatura es menor a 0°C , es decir el agua subsuperficial en el Estrecho de Bransfield y norte del Estrecho de Gerlache es más fría $\sim 2^{\circ}\text{C}$ que la del transecto b. Esto se observa en el comportamiento TS de la Figura 5.

La salinidad tiene una escala de colores entre 33.4 y 34.6. En el transecto b (Figura 7) hacia los 400 m de profundidad la salinidad es de ~ 34.5 ; valor muy similar al que se encuentra en el transecto c (Figura 8) a la misma profundidad. Este comportamiento es también observable en el diagrama TS de la Figura 5, lo cual indica que la diferencia entre las masas de agua a más de 400 m de profundidad entre el norte y sur del Estrecho de Gerlache es por temperatura, mostrando además la conexión de las primeras al Estrecho de Bransfield, y las segundas al Pasaje de Drake.

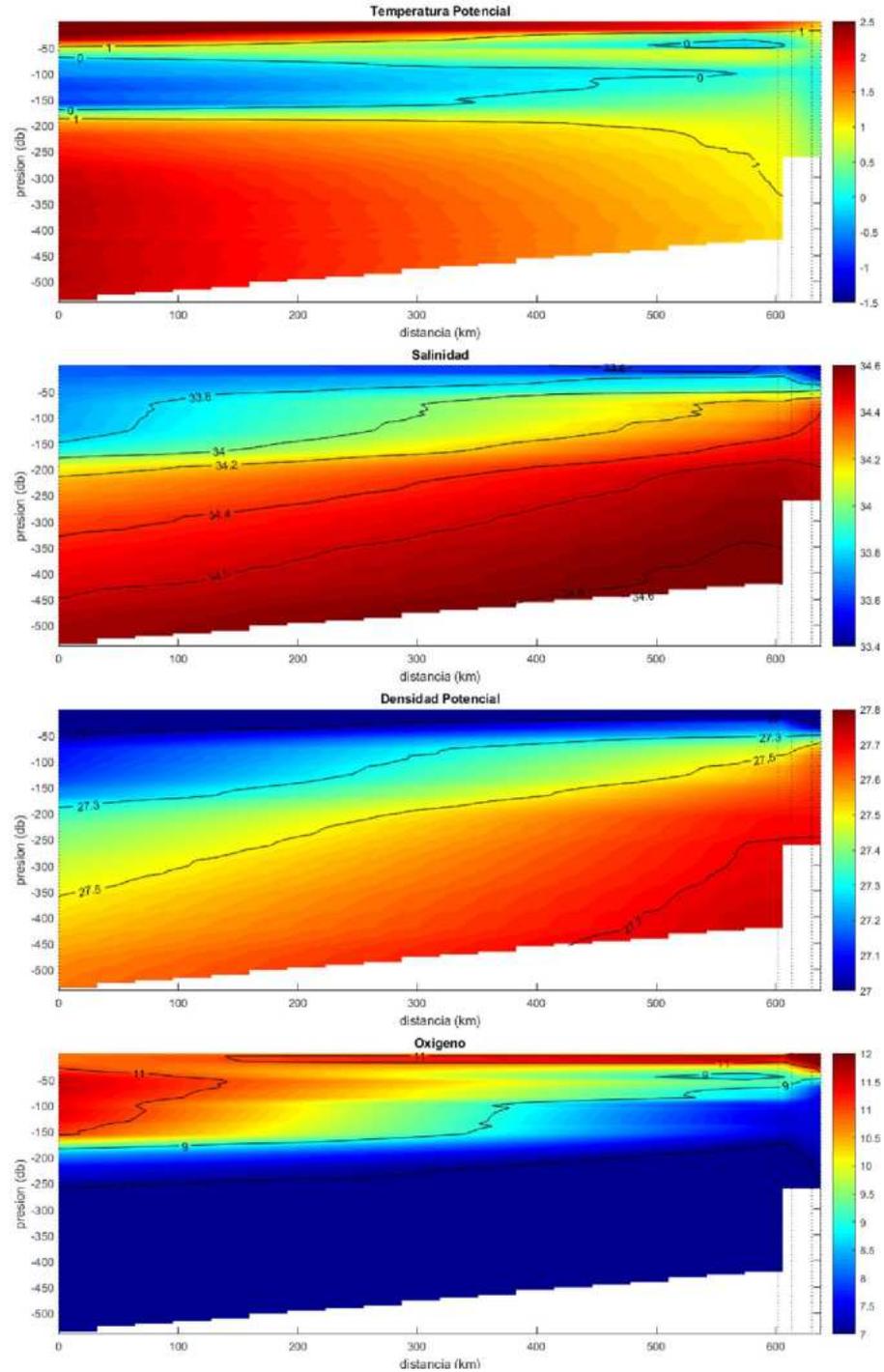


Figura 7. Secciones transversales de las estaciones oceanográficas en el transecto “b” en el pasaje de Drake y sur del Estrecho de Gerlache. Distancia medida a partir de la estación más al norte en kilómetros. La ubicación de las estaciones señalada con líneas punteadas verticales. De arriba hacia abajo, temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, densidad potencial (Kg/m^3) y oxígeno (mg/L).

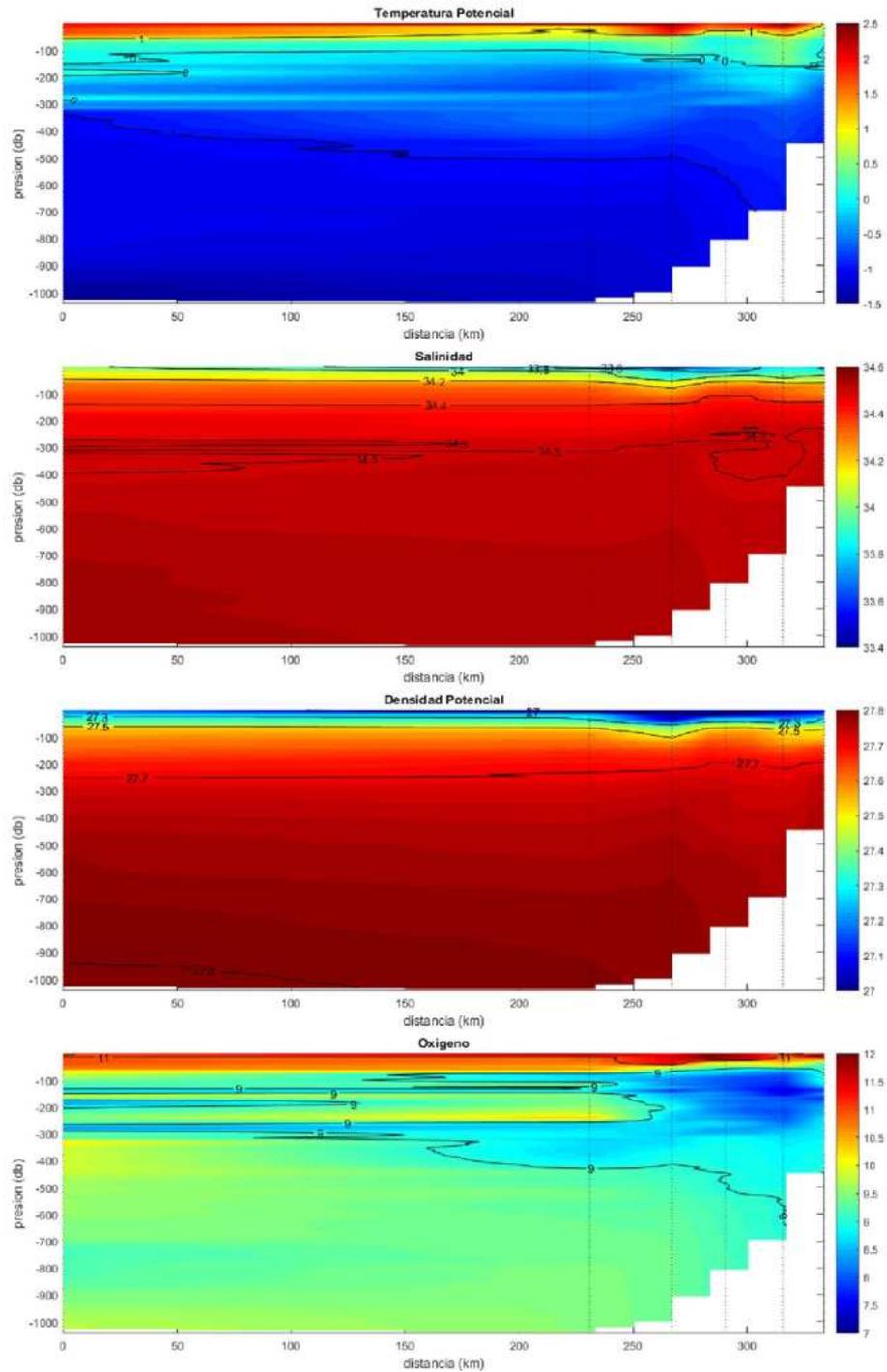


Figura 8. Secciones transversales de las estaciones oceanográficas en el transecto "c" en el Estrecho de Bransfield y norte del Estrecho de Gerlache. Distancia medida a partir de la estación más al norte en kilómetros. La ubicación de las estaciones señalada con líneas punteadas verticales. De arriba hacia abajo, temperatura potencial ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, densidad potencial (Kg/m^3) y oxígeno (mg/L).



En la Figura 7 llama la atención la pendiente en la salinidad, donde por ejemplo a ~170 m en el Pasaje de Drake (izquierda) la salinidad es de 34, en tanto que a la misma profundidad en el sur del Estrecho de Gerlache, la salinidad es de 34.5. La densidad tiene una escala de colores entre 1027 y 1027.8 Kg/m³. Debido al comportamiento de la salinidad, el campo de densidad muestra la misma pendiente, donde a ~170 m en el Pasaje de Drake (izquierda) la densidad es de ~1027.2 Kg/m³, en tanto que en las estaciones de Gerlache es de ~1027.6 Kg/m³. Este campo de densidad indica un mayor nivel de Topografía Dinámica Absoluta-TDA en la estación S10 (Pasaje de Drake –distancia 0 Km) que en las estaciones en el sur del Estrecho de Gerlache (derecha de la Figura 7); por coriolis, está pendiente en la TDA indica una fuerte corriente geostrofica en dirección Este, que corresponde a la Corriente Antártica. En la Figura 9 se muestra este comportamiento de la TDA, procesados a partir de datos obtenidos de AVISO entre 1993-2015 (<http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/data-access/gridded-data-extraction-tool.html>). Nótese la poca variabilidad anual de esta corriente, la cual muestra una diferencia de TDA de más de 140 cm en una distancia meridional de 11° de latitud.

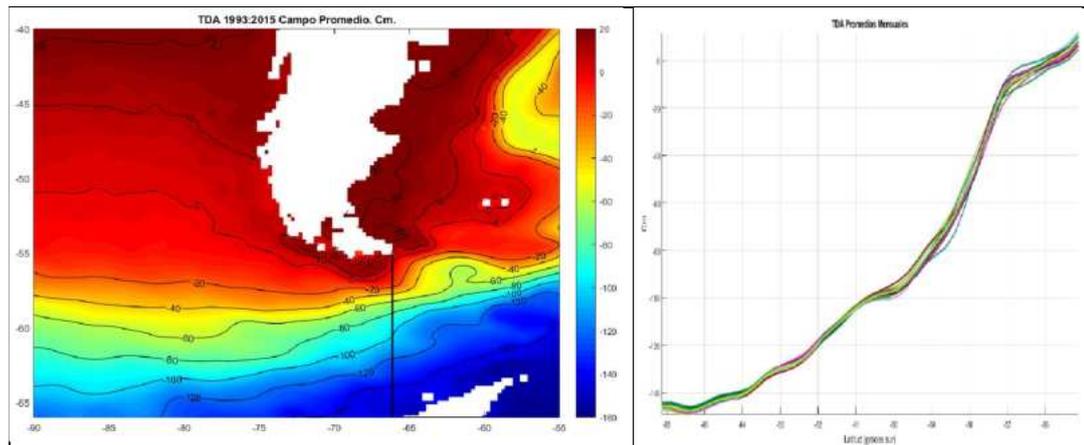


Figura 9. Izquierda, campo promedio de Topografía Dinámica Absoluta - TDA (cm) con datos entre 1993 y 2015; línea negra transecto entre Sur América y la Península Antártica. Derecha, perfil de promedios mensuales de TDA (cm) para el transecto mostrado entre latitud 55°S (derecha) y 66°S (izquierda).

El oxígeno disuelto tiene una escala de colores entre 7 y 12 mg/L. En el transecto b (Figura 7) por debajo de los 250 m de profundidad el oxígeno es menor a 7 mg/L; a diferencia del transecto c (Figura 8), donde por debajo de esta profundidad, el oxígeno es mayor a 7 mg/L. Esto indica que las aguas más frías del Estrecho de Bransfield y norte del Estrecho de Gerlache, son también más ricas en oxígeno que las encontradas en el Pasaje de Drake y sur del Estrecho de Gerlache.



10. Resultados Esperados

Las estaciones oceanográficas del crucero de la III expedición de Colombia a la Antártida se emplearán como parte de un trabajo de tesis de la Maestría en Oceanografía de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, con el fin de estudiar las masas de agua formadas en la Antártida y su conexión con el Pacífico Colombiano.

En SENALMAR 2017 se espera presentar una ponencia con los resultados preliminares contenidos en este informe.

Para junio del 2018 se espera haber sometido a una revista SJR-Q1 o SJR-Q2 un artículo científico basado en los resultados preliminares presentados en este informe complementados con una detallada revisión bibliográfica.

11. Actividades de divulgación

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolló como parte del crucero a bordo del ARC 20 de Julio, las actividades de divulgación corresponden a las indicadas en el punto 4 del “Informe III Expedición de Colombia a la Antártida “Almirante Padilla””.

12. Recomendaciones

La programación de actividades de investigación durante el crucero depende de las condiciones océano-atmosféricas presentes, por lo cual se debe tener flexibilidad al cambio. Adicional a los cambios por esta causa, la programación de actividades de investigación también se vio afectada por la posible visita de autoridades a la Península Antártida, por lo cual se recomienda que a futuro y desde el mismo comienzo de la expedición se defina si se realizará una visita de autoridades y estableciendo una corta ventana de tiempo en la cual esta se haría. Estos cambios pueden afectar la toma de series de tiempo más largas en el área de estudio.

13. Bibliografía

Charlotte W, Huhn O y Schroeder M (2016), Water masses in the Bransfield Strait and adjacent seas, austral summer 2013. Polar Biol (2016) 39:789–798 DOI 10.1007/s00300-016-1936-8



Comisión Colombiana del Océano, Agenda Científica Antártica de Colombia 2014–2035, Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano, 2014.

Dotto TS, Kerr R, Mata MM, Garcia CAE (2016), Multidecadal freshening and lightening in the deep waters of the Bransfield Strait, Antarctica. *J Geophys Res Oceans*, 121, doi:10.1002/2015JC011228.

Hofmann, E. E, J. M. Klinck, C. M. Lascara, and D. A. Smith (1996), Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula and including Bransfield Basin, *Foundations for Ecological Research West of the Antarctic Peninsula, Antarct. Res. Seri.*, 70, 61–800.

Knauss J. *Introduction to physical oceanography*. 1996.

Molares R. *Primera Expedición Científica de Colombia en la Antártida 2014/2015. Reporte de Crucero*. 2015.

Pond S. y Pickard G. *Introductory dynamical oceanography*. 1983.

Stewart R. *Introduction to physical oceanography*. 2008.

Tomczak M. *Una introducción a la oceanografía física*. 2002.

Zhou M, Niiler PP, Zhu Y, Dorland RD (2006), The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep Sea Res I* 53:1244–1252. doi:10.1016/j.dsr.2006.04.003

Este informe fue elaborado por:

CN Rafael Ricardo Torres Parra
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe – DIMAR
Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”



Apéndice “1” – Registro Fotográfico



Fotografía 1. Instrumento CTDO para la medición de perfiles de temperatura, conductividad, presión y oxígeno.



Fotografía 2. Empleo del CTDO en la Plataforma Móvil Embarcada – PMO..



Fotografía 3. Investigadores participantes del proyecto.