



## Anexo “25”

### **Proyecto “Variabilidad en la termodinámica de las aguas superficiales del estrecho de Gerlache y de regiones marinas de Colombia, asociada al calentamiento global y a la teleconexión entre El Niño Oscilación del Sur, la Oscilación Atlántico Norte y la Oscilación Antártica”**

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

Área Temática: Cambio climático y evolución del clima

Línea de Investigación: Calentamiento del océano

Sublínea: Cambios en la TSM y su relación con el índice oscilación del sur

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

Investigador principal: NANCY LILIANA VILLEGAS BOLAÑOS

Entidad que representa: Universidad Nacional de Colombia

Actividades desarrolladas en: base chilena Yelcho en la bahía Sur, isla Doumer (Antártica) y buque colombiano ARC 20 de Julio.

#### **3. Otras entidades participantes**

- Armada Nacional de la República de Colombia - buque colombiano ARC 20 de Julio y lancha tipo Defender: traslado desde Punta Arenas (Chile) hacia la base chilena Yelcho (Isla Doumer, Antártica) y apoyo en toma de datos meteorológicos, oceanográficos y batimétricos en el estrecho de Gerlache.
- Centro de Investigaciones Hidrográficas y Oceanográficas (CIOH) de la Dirección General Marítima (DIMAR): equipos y personal para la toma de datos meteorológicos, oceanográficos y batimétricos en el estrecho de Gerlache.
- Programa Antártico Colombiano (PAC) de la Comisión Colombiana del Océano (CCO): aspectos logísticos y de cooperación internacional.
- Instituto Antártico Chileno (INACH) -base Yelcho, Antártica: toma de datos meteorológicos, muestreo de rocas en Isla Doumer y datos meteomarineros en bahía Sur.
- Fuerza Aérea Chilena (FACH)- Helicóptero: traslado desde la base chilena Yelcho hacia el buque AP-41 Aquiles.
- Armada de Chile -buque AP-41 Aquiles y zodiac: traslado desde el estrecho de Gerlache hasta Punta Arenas y visita a base Escudero para búsqueda de apoyo en la consecución de series de datos meteorológicos y oceanográficos de bases localizadas en el estrecho de Gerlache.



#### **4. Objetivo general del proyecto**

Determinar la variabilidad de la termodinámica de las aguas superficiales del estrecho de Gerlache y de las regiones marinas de Colombia asociada al calentamiento global y a la teleconexión entre El Niño Oscilación del Sur, la Oscilación Atlántico Norte y la Oscilación Antártica.

#### **5. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral 2016-2017.**

Objetivo particular 1.

Obtener información meteorológica, oceanográfica y batimétrica del Estrecho de Gerlache.

Objetivo particular 2.

Obtener información meteorológica en 4 puntos de la Isla Doumer, Antártica.

Objetivo particular 3.

Obtener información oceanográfica superficial y batimétrica en la bahía Sur, Antártica.

Objetivo particular 4.

Obtener muestras de rocas en cercanías de la base Yelcho, alrededor de la Isla Doumer, Antártica.

Objetivo particular 5.

Interactuar con científicos que se encontrarían en la base Yelcho, participantes en proyectos relacionados con el tema de investigación propuesto, a fin de cooperación en el intercambio de metodologías (modelamiento termodinámico del estrecho de Gerlache con ROMS) y de series de datos meteorológicos y oceanográficos de largo período.

#### **6. Base o buque donde se desarrollaron los objetivos particulares**

Objetivo particular 1.

Armada Nacional de la República de Colombia – Buque colombiano ARC 20 de Julio. Período de permanencia en el buque del lunes 9 de enero al domingo 15 de enero 2017 (Fig. 1).



Objetivos particulares 2– 5.

Base chilena Yelcho, dependiente del Instituto Antártico Chileno (INACH). Ubicada en la bahía Sur, isla Doumer, la cual forma parte del archipiélago de Palmer, al sur del estrecho de Gerlache, Antártica (Fig. 2). Las coordenadas de la base chilena Yelcho son: latitud  $64^{\circ}52'33.18''S$  y longitud  $63^{\circ}35'01.96''W$ .

## 7. Descripción de equipo científico y de apoyo

Objetivo particular 1.

Para alcanzar el primer objetivo particular, se contó con el apoyo de los equipos del CIOH y los propios del puente del ARC 20 de Julio. Para la obtención de datos meteorológicos, el CIOH ubicó una estación automática DAVIS Vantage – pro2 (Fig. 3a) detrás del puente del buque ARC 20 de Julio. Con relación al muestreo oceanográfico, el CIOH desplegó, por medio de un winche, una roseta de 12 botellas con un perfilador CTD para obtención de parámetros físicos en 23 estaciones en la Antártica y 1 en el pasaje de Drake. Para la información batimétrica el buque ARC 20 de Julio contó con un transductor de una ecosonda multihaz instalada en el bote Defender. Los equipos fueron manejados por personal del CIOH e investigadores que se encontraban a bordo del buque.

Objetivo particular 2.

Con relación al segundo objetivo, se tomó en calidad de uno de 4 los puntos de monitoreo meteorológico, a la estación meteorológica automática ya instalada por el INACH en las coordenadas  $64^{\circ}52'38''S$  y  $63^{\circ}35'59.8''W$  en la isla Doumer (Fig. 3b) la cual es una Oregon Scientific WRM300A, realizando su lectura en la base Yelcho (Fig. 3c) y la extracción de información con el apoyo de Javier Navarro del INACH. Para la ubicación de los 3 puntos restantes se utilizó el GPS map 62s 2010 Garmin facilitado por el investigador Lorenzo Rovelli del Nordic Center for Earth Evolution (Nord CEE) del Departamento de Biología de la University of Southern Denmark. Para la medición de las variables meteorológicas se utilizó un Kestrel 4500 Pocket Weather serie SN659939 traído por la Universidad Nacional de Colombia, el cual fue primeramente revisado para verificación de su funcionamiento en Bogotá, luego con el DAVIS Vantage – pro2 a bordo del buque ARC 20 de julio (Figs. 3d) y nuevamente se verificó con el OregonScientificWRM300A en la base Yelcho. Para observación de nubosidad, visibilidad, fenómenos meteorológicos, estado del mar y oleaje se utilizó una cámara fotográfica digital Fujifilm (FinePix S4000, 14MP, Zoom Óptico de 30x) a fin de realizar registros en fotos y videos para la posterior identificación de los parámetros mencionados con el atlas internacional de nubes, las escalas de Douglas y Beaufort, y la nomenclatura internacional de



hielo flotante en el mar. Debido a que se requería mínimo dos personas para realizar el recorrido por la isla Doumer durante la determinación de los puntos de observación meteorológica, así mismo como para subir dos veces al día a la colina para realizar el monitoreo, se contó en diferentes ocasiones con el apoyo del personal de logística de la INACH, señores Jorge Reyes y Javier Navarro y el acompañamiento del investigador Lorenzo Rovelli.

#### Objetivo particular 3.

Para realizar este objetivo, se requirió de un bote proporcionado por el Jefe de la base chilena Yelcho, Dr. César Cárdenas del INACH. El bote "Hugo Moyano" (Fig. 4a), que fue manejado por Jorge Reyes, tiene 8 metros de largo por 2,50 de ancho, 2 motores Yamaha de 50p y facilidad de winche. Se tuvo el apoyo de Lorenzo Rovelli en la adquisición de datos de batimetría y su respectiva temperatura utilizando una ecosonda echoMAPChirp 52dv (Garmin International Inc., Olathe, Estados Unidos) equipada con un transductor DownVü (modelo GT20, 77 y 200 kHz) y generando el mapa batimétrico en tiempo real con el software GarminQuickDraw™. Con el apoyo de Jorge Reyes y de Nicolás Menz, (personal logístico de INACH), se construyó un disco secchi (Fig. 4b) para la toma de transparencia en la bahía Sur. Las tomas de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Salinidad Superficial del Mar (SSM) se realizaron con un instrumento multiparámetro (con sensores de conductividad y temperatura) Thermo Scientific Eutech Cond 6+, gracias a la colaboración de los investigadores de la Universidad Adolfo Ibañez: Tania Opitz, Carolina Fernández y Sebastián Osoreo (Fig. 4c). Así mismo se contó con la información de temperatura del mar y luminosidad a 10 y 20 metros obtenida de dispositivos HOBO® onset (YP1 y PY220 y PY410) para el registro continuo de estos dos parámetros instalados el año pasado en las posiciones 64°52'16.4"S-63°33'51.7"W a 10 metros; 64°52'15.3"S-63°33'52.5"W a 20 metros y Cape Kemp 64°51'58.6"S-63°37'46.7"W a 10 metros (Fig. 4d) por César Cárdenas y recuperados en el presente año por él y los buzos Francine Beaujot de la Fundación San Ignacio del Huinayy Diego Bravo de la Universidad de Valparaíso, con apoyo de la señorita Leslie Novoa del INACH y del investigador Karl Attard del Nordic Center for Earth Evolution (NordCEE) del Departamento de Biología de la University of Southern Denmark, quien es pos-doctor de la Tvärminne Zoological Station de la Universidad de Helsinki.

#### Objetivo particular 4.

Para la descripción de la zona costera e identificación de los sectores de donde se obtendrían las muestras de rocas, se utilizó nuevamente el bote "Hugo Moyano" realizando el recorrido costero, el GPS map 62s 2010 Garmin para el geoposicionamiento y la cámara fotográfica para el registro fotográfico y de video base, en compañía del lancharo Jorge Reyes y los investigadores



Francine Beaujot, Karl Attardy Lorenzo Rovelli (Fig. 5a). El recorrido del lugar seleccionado (Figs. 5b y 5c) se realizó a pie en compañía de Jorge Reyes, utilizando el GPS map 62s 2010 Garmin para el geoposicionamiento de cada punto de donde se tomaron las muestras de rocas. Al momento de la extracción de muestras de rocas se utilizó un cincel y martillo geológicos convencionales marca Estwing, imán, HCl a 5%V/V y la cámara fotográfica para el respectivo registro (Fig. 5d). Para su traslado al laboratorio se utilizaron bolsas plásticas y cinta de enmascarar donde se escribieron las coordenadas de donde fueron extraídas, las cuales se pueden observar en la Fig. 5e, donde también se muestran las coordenadas de una roca que sirvió para definir la tasa de deshielo. Para pesar en el laboratorio de la base Yelcho, se utilizó una balanza semi-analítica marca ADAM modelo PGL-203 con el apoyo de la señorita Juana Levihuan del INACH.

Todas las salidas de campo (recorridos en bote y a pie), se realizaron teniendo en cuenta las normas de seguridad sugeridas por el personal de la base Yelcho, tales como utilización de radio, vestuario polar, trajes tipo Mustang y salvavidas de acuerdo con el tipo de exposición, con elementos proporcionados por INACH.

Objetivo particular 5.

En los objetivos ya mencionados se relacionaron los nombres del personal del INACH y de los investigadores de diferentes instituciones con quien se logró interactuar. Con relación a la interacción con investigadores en temas de modelamiento termodinámico del estrecho de Gerlache con ROMS y obtención de series de datos meteorológicos y oceanográficos de largo período, se obtuvo el apoyo de la investigadora del INACH Pamela Santibañez y del subdirector del INACH Edgardo Vega durante el trayecto de regreso desde la base Yelcho hacia Punta Arenas en el buque chileno Aquiles.

## **8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.**

8.1. Objetivo particular 1.

Durante los cinco días de navegación desde Punta Arenas hasta la base chilena Yelcho a bordo del buque colombiano ARC 20 de Julio, revisé los formatos de registro utilizados por el personal del buque en el puente del ARC 20 de Julio donde consignan la información batimétrica (profundidad ecosonda) y meteorológica (Figs. 6a y 6b) a fin de tener una base de comparación de los formatos utilizados por el personal de CIOH, y corroborar posteriormente la información con otras fuentes de la región.

Con relación a la obtención de datos, también contacté al personal del CIOH que se encontraba a bordo, encargado de almacenar la información



meteorológica, oceanográfica y batimétrica a fin de definir los formatos en los que podré obtener los datos registrados durante la III Expedición Colombiana en la Antártida. Así mismo, se tuvo un espacio con el Capitán Rafael Torres para especificar si es posible que las estaciones oceanográficas a registrar en el estrecho de Gerlache puedan ser algunas de las propuestas para desarrollar el proyecto, ubicadas en los recuadros de la Fig. 6c.

El personal con quién interactué a bordo del buque ARC 20 de Julio para la definición de obtención de los datos son:

- S2 Fernando Oviedo Barrero, quien está a cargo de la información batimétrica.
- S2 Nestor Leonardo Avellaneda (datos meteorológicos), con quien además tuve la oportunidad de observar la posición en la que fue implantado el equipo con los sensores de medición meteorológica en el buque;
- S2 José David Iriarte, quien me dio a conocer que la información será suministrada en formato utilizado en el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO) de la Dirección General Marítima (DIMAR) y me suministró los datos de las 5 estaciones que fueron ya registradas desde que el buque ARC 20 de Julio zarpó de Cartagena: estación 1 de coordenadas  $03^{\circ}55.771'N-81^{\circ}15.783'W$ ; estación 3 de coordenadas  $04^{\circ}44.089'S-83^{\circ}33.026'W$ ; estación 4 de coordenadas  $13^{\circ}20.154'S-79^{\circ}34.526'W$ ; estación 6 de coordenadas  $21^{\circ}18.865'S-75^{\circ}37.329'W$  y estación 9 de coordenadas  $37^{\circ}22.908'S-73^{\circ}59.609'W$  (Fig. 6d).

Luego del paso del Drake (donde el personal de CIOH realizó la estación hidrográfica 10 de coordenadas  $59^{\circ}26.085'S-64^{\circ}05.685'W$  como se ubica en la Fig. 6d), apoyé en la realización de tomas de temperatura y luminosidad en 2 estaciones hidrográficas necesarias para el proyecto a cargo del Dr. Eduardo Santamaría de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), siendo las mismas coordenadas en donde también se realizaron estaciones hidrográficas con el apoyo de rosetas de 12 botellas y CTD para registro de datos oceanográficos y muestras biológicas, químicas y de sedimentos, por lo tanto, tomamos parte en estas estaciones personal de CIOH, INVEMAR, Universidad Jorge Tadeo Lozano, y yo de la Universidad Nacional de Colombia.

## 8.2. Objetivo particular 2.

Las tomas de información meteorológica se realizaron en 3 puntos cercanos a la base chilena Yelcho, los cuales he denominado “estaciones” (Fig. 7a), luego de la corroboración del funcionamiento (realizada primeramente con datos del puente del ARC 20 de Julio y luego con la estación automática de la base chilena Yelcho) del equipo manual (Fig. 7b). Los datos meteorológicos registrados en cada estación fueron Temperatura del aire ( $T_a$ , °C), Humedad Relativa ( $H_r$ , %), Punto de Rocío ( $T_d$ , °C), Velocidad del Viento ( $V_v$ , m/s), Dirección del Viento ( $D_v$ , grados) y Presión Atmosférica ( $P_a$ , hPa). También se



realizó la observación de nubosidad, visibilidad y fenómenos meteorológicos en las estaciones capturando fotos en dirección a los 8 puntos cardinales principales de la rosa de los vientos para su posterior análisis con el atlas internacional de nubes. Además, en las estaciones costeras se realizó la observación del estado del mar y de las características del oleaje y se registraron fotos y videos para corroborar con las escalas de Douglas y Beaufort, y la nomenclatura internacional de hielo flotante en el mar. Los registros se realizaron 4 veces al día: una a las 10 am en la costa frente a la posición donde el ARC 20 de Julio desplegó una boya de oleaje (Fig. 7c), luego a las 14 pm en el punto localizado en la colina Sur Oeste de la isla Doumer a 80 metros (Fig. 7d), seguidamente a las 18 pm en la costa cerca al muelle de la base Yelcho (Fig. 7e) y, a las 22 pm nuevamente en la colina. Los datos registrados por la estación meteorológica automática de la base Yelcho, fueron extraídos para su posterior análisis.

### 8.3. Objetivo particular 3.

Los datos oceanográficos de Transparencia Relativa ( $Tr$ , m), Temperatura Superficial del Mar (TSM, °C) y Salinidad Superficial del Mar (SSM) fueron registrados los días 23 y 24 de enero del 2017 en los puntos distribuidos alrededor de las aguas costeras de la bahía Sur (Fig. 8a). Se tiene además la información de temperatura ( $T$ , °C) y de intensidad luminosa ( $L$ , Lux) a 10 y 20 metros en los puntos mencionados en el capítulo anterior (Fig. 4d) registrados durante un año, y la batimetría ( $Z$ , m) con su respectiva temperatura ( $T$ , °C) registrados el 17 y 18 de enero del 2017. Esta información está en proceso de análisis.

### 8.4. Objetivo particular 4.

Se realizó el reconocimiento de la región desde el primer día a pie y en bote para la descripción de la zona costera e identificación de los sectores de extracción de las muestras de rocas. El recorrido costero se realizó desde la el sector central de la bahía Sur teniendo en cuenta que los registros fotográficos y de video se realice en direcciones de los puntos cardinales principales y secundarios de la rosa de los vientos a fin de conocer la distribución de rocas afloradas en cada sector. Luego de la selección del sector apropiado, se extrajeron las rocas, las cuales se sellaron en bolsas plásticas y se marcaron con las respectivas coordenadas (Fig. 8b) para ser llevadas a los laboratorios del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, para su posterior análisis petrográfico. Se realizó observación y medición de la taza de deshielo utilizando una regla (Fig. 8c) en un punto sobre la colina (Fig. 5e), así mismo como el registro fotográfico del paso a paso de cada extracción de roca y del sitio donde se encontraban para el análisis respectivo posterior del entorno.



#### 8.5. Objetivo particular 5.

Entre los contactos realizados, además de las personas ya mencionadas, se tienen concretamente para el tema de ROMS a Andrea Piñones y Carlos Moffat del grupo de investigación IDEAL de la Universidad Austral de Chile liderado por Humberto Gonzáles. Para geología a Marcelo Leppe del INACH. Para series de oceanografía y meteorología al subdirector del INACH Edgardo Vega con quien se espera se pueda obtener la información de las bases chilenas cercanas al estrecho de Gerlache.

Las actividades realizadas no generan ningún impacto ambiental negativo en la región de estudio.

Se da a conocer la importancia de tener en cuenta el invaluable apoyo de las personas e instituciones mencionadas en este documento, quienes han sido de gran utilidad gracias a la participación conjunta en la III Expedición de Colombia en la Antártida, y de continuar con la participación en las futuras expediciones bajo la misma modalidad de cooperación internacional con cupos en bases ofrecidos por países amigos.

### 9. Resultados preliminares

#### Objetivo particular 1.

Se está digitalizando la información meteorológica y batimétrica mencionada (del puente del buque AREC 20 de Julio) para la comparación con la información que me será entregada por el personal de CIOH, y la posterior corroboración de los datos con otras fuentes de la región.

#### Objetivo particular 2.

La información meteorológica de los 3 puntos seleccionados se está digitalizando para su graficación y análisis. La información de la estación automática se encuentra en proceso de graficación y análisis. Se realizarán tablas tipo Excel para cálculos de valores máximos, mínimos, promedios y gráficas temporales para analizar el comportamiento de las variables meteorológicas durante el período de toma de datos. Las fotos y videos se están estudiando para comparación con los atlas de nubes y hielo flotante entre otras tablas internacionales.

#### Objetivo particular 3.

Los datos oceanográficos y batimétricos se están mapeando y graficando en software especializados de georeferenciación para la respectiva descripción y



análisis. Se pretende posteriormente realizar una correlación estadística entre los datos oceanográficos y los datos meteorológicos registrados.

Objetivo particular 4.

Las muestras de rocas se encuentran en los laboratorios del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, en preparación para secciones delgadas que permitan el análisis petrográfico. Los registros fotográficos están en estudio para la respectiva descripción.

Objetivo particular 5.

Se están realizando conversaciones preliminares con los contactos conseguidos para intercambio de información y metodologías.

## **10. Resultados Esperados**

Objetivo particular 1.

Se espera obtener la información meteorológica, oceanográfica y batimétrica del estrecho de Gerlache en el presente semestre para complementar lo que se tiene y así a finales del año tener la distribución espacial de las variables oceanográficas y meteorológicas, análisis de masas de agua, porcentaje de mezcla de las masas de agua, estabilidad de la columna de agua. La batimetría apoyará al modelamiento del estrecho de Gerlache, lo cual se espera realizar en el siguiente año. Se espera tener resultados preliminares para presentación de 1 trabajo en evento nacional o internacional y base para 1 artículo.

Objetivo particular 2.

La información meteorológica y registros fotográficos permitirán tener a finales del año resultados del comportamiento atmosférico de la región durante el verano 2016-2017, lo cual puede formar parte de un trabajo de grado y ponencia en un evento.

Objetivo particular 3.

La información oceanográfica y batimétrica contribuirán a obtener una descripción oceanográfica de la región durante el verano 2016\_2017 que formaría parte del trabajo de grado mencionado a realizarse hasta finales del presente año, y unido a la parte meteorológica, podría ser la base para escribir 1 artículo.

Objetivo particular 4.

El análisis de las muestras de rocas dependen de la capacidad y tiempo de los laboratorios del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, por lo tanto, se espera que para el próximo año se tengan resultados



preliminares que pueden formar parte de un trabajo de grado, una ponencia y base para un artículo.

#### Objetivo particular 5.

La cooperación depende de instituciones que en ambos países son gubernamentales, por eso se aspira que se logre algún acercamiento concreto a finales de este año y que ojalá se pueda tener la visita de alguno de los investigadores relacionados con el modelamiento de Gerlache con ROMS. La información de series de tiempo, también se requiere del esfuerzo entre instituciones, en este caso de los buenos oficios entre INACH y PAC, por lo tanto, espero que se logre para poder iniciar el análisis de teleconexiones a finales del presente año.

### **11. Actividades de divulgación**

Durante el tiempo de navegación en el buque ARC 20 de Julio, fui entrevistada por la periodista Ángela Posada Swafford quien se interesó en el proyecto que estoy iniciando con la III Expedición Colombiana a la Antártica.

De la misma manera, durante el tiempo de navegación en el buque chileno Aquiles, fui entrevistada por el periodista José Luis Barberia de periódico País de España, quien se interesó por conocer porqué una colombiana quiere investigar a la Antártida.

También durante el tiempo de navegación en el buque chileno Aquiles fui entrevistada por el cronista-periodista chileno Ignacio Vidaurrazaga, quien se interesó por mi estancia investigativa en la base chilena Yelcho, el proyecto y el papel de una mujer en la Antártida.

Así mismo, en el buque chileno Aquiles el 8 de febrero del 2017 tomé parte del ciclo de conferencias organizado por la INACH, presentando la ponencia “Circulación atmosférica: hacia la comprensión de teleconexiones entre algunos procesos de interacción océano atmósfera”.

### **12. Recomendaciones**

Mi recomendación es que los datos meteorológicos, oceanográficos y batimétricos muestreados por el ARC 20 de Julio en el estrecho de Gerlache, me sean entregados lo más pronto posible para desarrollar los objetivos propuestos en mi proyecto de investigación.

De igual manera sugiero que haya un activo apoyo en la colaboración INACH – PAC para la obtención de las series oceanográficas y meteorológicas que requiero para el presente proyecto.



Se recomienda, muy respetuosamente, que las comunicaciones relacionadas con los cupos de países amigos se realicen con suficiente anticipación para que los investigadores tengamos claro las rutas y bases en las cuales estaremos, y así se logren los resultados esperados sin tener que cambiar las metodologías propuestas en los proyectos.

### **13. Bibliografía (consultada)**

ALARCÓN, BORIS, AMBRUS, JOSÉ, OLCAV, LUIS, VIEIRA, CAMILO. 1976. Geología del estrecho de Gerlache entre los paralelos 64° y 65° lat. sur. Antártica chilena. Serie Científica. INACH, Chile. Vol. 4, n° 1, pp. 7-43.

BERGER, W.; S. ANTE AND DOMACK, E. 2009. Seasonal and water-depth variations in sediment luminescence and in sedimentation from sediment trap samples at Gerlache Strait, Antarctic Peninsula. *Antarctic Science* 21(5) pp. 483–499.

BROMWICH, D. AND S. WANG. 2008. A review of the temporal and spatial variability of Arctic and Antarctic atmospheric circulation based upon ERA-40. *Dynamics of atmospheres and oceans*. 44 pp. 213-243.

CÁRDENAS, C. 2016. In Union there is strength. coexistence between Antarctic Sponges and Other Organisms Facing a Changing Environment. *Advances In Chilean Antarctic Science*. No. 3. Pp. 6-9.

CLARKE, A.; E. MURPHY; MEREDITH, M.; J. KING; PECK, L.; D. BARNES AND SMITH, R. 2007. Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 362, pp 149–166.

COSTA, D.; J. KLINCK; HOFMANN, E.; M. DINNIMAN AND BURNS, J. 2008. Upper ocean variability in west Antarctic Peninsula continental shelf waters as measured using instrumented seals. *Deep-Sea Research II* 55. Pp 323–337.

DAMIANI, A.; R. CORDERO; CARRASCO, J.; S. WATANABE; KAWAMIYA, M.; V. LAGUND. 2015. Changes in the UV Lambertian equivalent reflectivity in the Southern Ocean: Influence of sea ice and cloudiness. *Remote Sensing of Environment* 169 pp.75–92.

<http://www.hidro.gob.ar/Smara/glacio/generalidades.asp#>. Consulta 08/02/2017.

JIANG, M.; M. CHARETTE; MEASURES, C.; Y. ZHU AND ZHOU, M. 2013. Seasonal Cycle of circulation in the Antarctic Peninsula and the off-shelf transport



of shelf waters into southern Drake Passage and Scotia Sea. Deep-Sea Research II 90 pp. 15-30.

MARTINSON, D. AND D. MACKEE. 2012. Transport of warm Upper Circumpolar Deep Water onto the western Antarctic Peninsula continental Shelf. Ocean Science. 8, pp. 433-442.

PEREIRA, MARIO. 1991. Nota sobre edades K-Ar de plutonitas del estrecho de Gerlache, península Antártica. Serie científica INACH, Chile. 41. Pp. 129-131.

PINCHEIRA, MARCO; PEREIRA, MARIO; HOECKER, GERHARD; ABAD, EDUARDO. 1986. Antecedentes geológicos y ocurrencias de mineralización en el sector sur del estrecho de Gerlache, península Antártica. Serie científica INACH, Chile. 34. pp 9-22.

RODRIGUEZ, J.; F. JIMENEZ; BLANCO, J. AND F. FIGUEROA. 2002. Physical gradients and spatial variability of the size structure and composition of phytoplankton in the Gerlache Strait (Antarctica). Deep-Sea Research II 49. Pp 693–706.

SAGRA, P.; C. GORDO; HERNANDEZ, M.; A. MARRERO; RODRIGUEZ, A.; A. STEGNER; MARTINEZ, A.; J. PELEGRI AND PICHON, T. 2011. The Bransfield current system. Deep-Sea Research I 58 pp. 390-402.

SAVIDGE, D. AND J. AMFT. M. 2009. Circulation on the West Antarctic Peninsula derived from 6 years of shipboard ADCP transects. Deep-Sea Research I 56. Pp 1633–1655.

VALENZUELA, E. MUNIZAGA F. 1981. Petrografía de las rocas plutónicas de isla Doumer archipiélago de Palmer, Antártica. Serie científica INACH, Chile. 27. Pp 39-51.

Este informe fue elaborado por:

Nombre: NANCY LILIANA VILLEGAS BOLAÑOS

Entidad: Universidad Nacional de Colombia

Investigador de la III expedición de Colombia a la Antártida “Almirante Padilla”



## Apéndice “1” – Registro Fotográfico



Figura 1. Período de permanencia en el buque ARC 20 de julio.

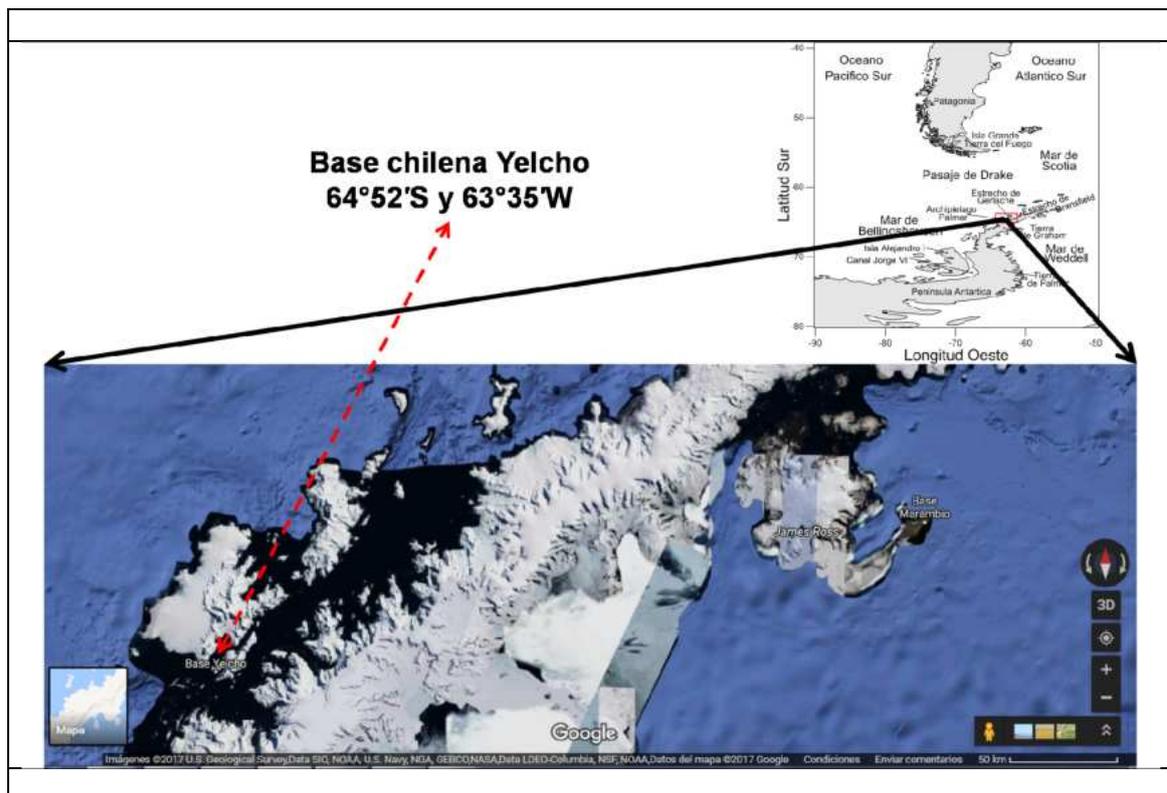


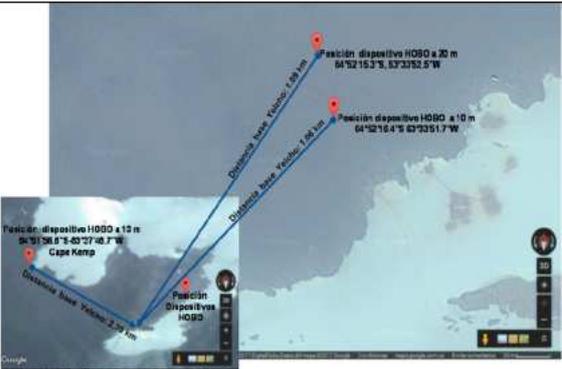
Figura 2. Ubicación de la base chilena Yelcho, Isla Doumer (Antártica).



	
<p>3a. Estación meteorológica DAVIS Vantage – pro2 del CIOH en el puente del ARC 20 de Julio.</p>	<p>3b. Ubicación estación meteorológica automática en Isla Doumer.</p>
	
<p>3c. Estación meteorológica Oregon scientific WRM300A del INACH en la base Yelcho.</p>	<p>3d. Verificación funcionamiento del Kestrel 4500 Pocket Weather serie SN659939 en el ARC 20 de Julio.</p>

3. Equipos para el monitoreo de variables meteorológicas.



	
<p>4a. Bote Hugo Moyano para muestreos en la bahía Sur, Isla Doumer.</p>	<p>4b. Disco secchi elaborado por logísticos del INACH para toma de transparencia.</p>
	
<p>4c. Salida en el bote para toma de TSM, SSM y transparencia en la bahía Sur.</p>	<p>4d. Ubicación dispositivos HOBO recuperados por el personal de INACH en bahía Sur y distancias a base Yelcho</p>

4. Aspectos relacionados con el monitoreo oceanográfico y batimetría en la bahía Sur, Isla Doumer(Antártica).



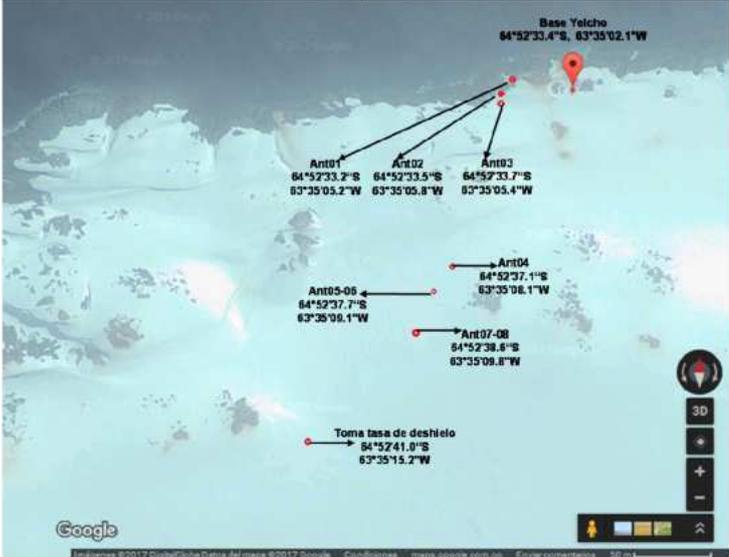
	
<p>5a. Compañía del recorrido costero en bahía Sur: identificación del sector para la extracción de muestras de rocas.</p>	<p>5b. Vista del Sur Oeste de la bahía Sur, Isla de Doumer, sector seleccionado para extracción de las muestras de rocas.</p>
	
<p>5c. Acercamiento sector para muestras de rocas: Sur Oeste de la bahía Sur, Isla de Doumer.</p>	<p>5d. Extracción muestra Ant01 en las coordenadas 64°52'33.2\"S 63°35'05.2\"W Isla de Doumer.</p>
	
<p>5e. Posición de donde fueron extraídas las muestras de rocas y observación tasa de deshielo.</p>	

Figura 5. Aspectos relacionados con obtención de muestras de rocas en isla Doumer.

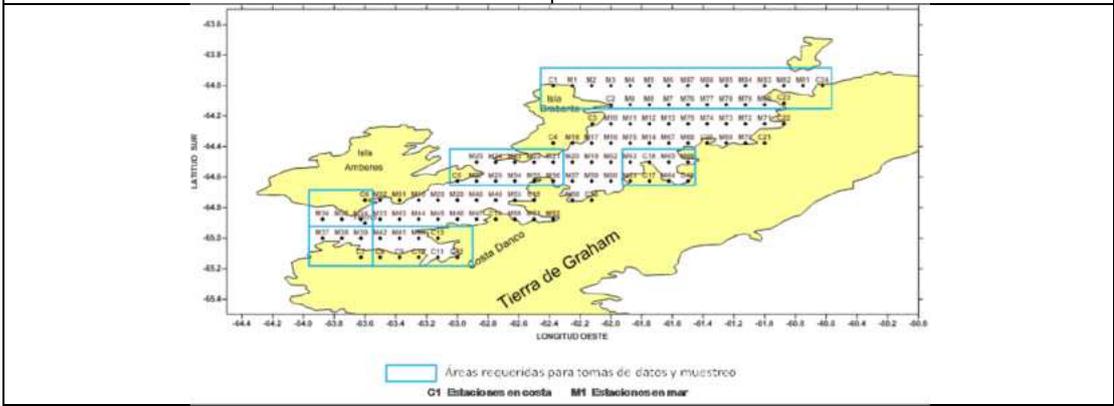


ARC							
Fecha	Hora	Logro	Latitud	Longitud	Profundidad	Estadista	
06/01/17	17:00	Perú	5°10'46"S	70°52'34"W	10m	Camilo	
06/01/17	18:00	Perú	5°15'29"S	70°49'28"W		Camilo	
06/01/17	19:00	Perú	5°15'33"S	70°50'37"W		Camilo	
06/01/17	19:00	Perú	5°21'22"S	70°46'55"W		Camilo	
06/01/17	19:00	Perú	5°24'01"W	70°51'13"W	500m	Camilo	
06/01/17	20:00	Perú	5°29'02"S	70°55'47"W	500m	Camilo	
06/01/17	21:00	Perú	5°34'02"S	70°59'48"W	300m	Camilo	
06/01/17	22:00	Perú	5°38'21"S	70°59'48"W	280m	Camilo	
06/01/17	23:00	Perú	5°42'02"S	70°59'48"W	538m	Camilo	
06/01/17	00:00	Perú	5°45'02"S	70°59'48"W	572m	Camilo	
06/01/17	01:00	Perú	5°48'02"S	70°59'48"W	565m	Camilo	
06/01/17	02:00	Perú	5°51'02"S	70°59'48"W	625m	Camilo	

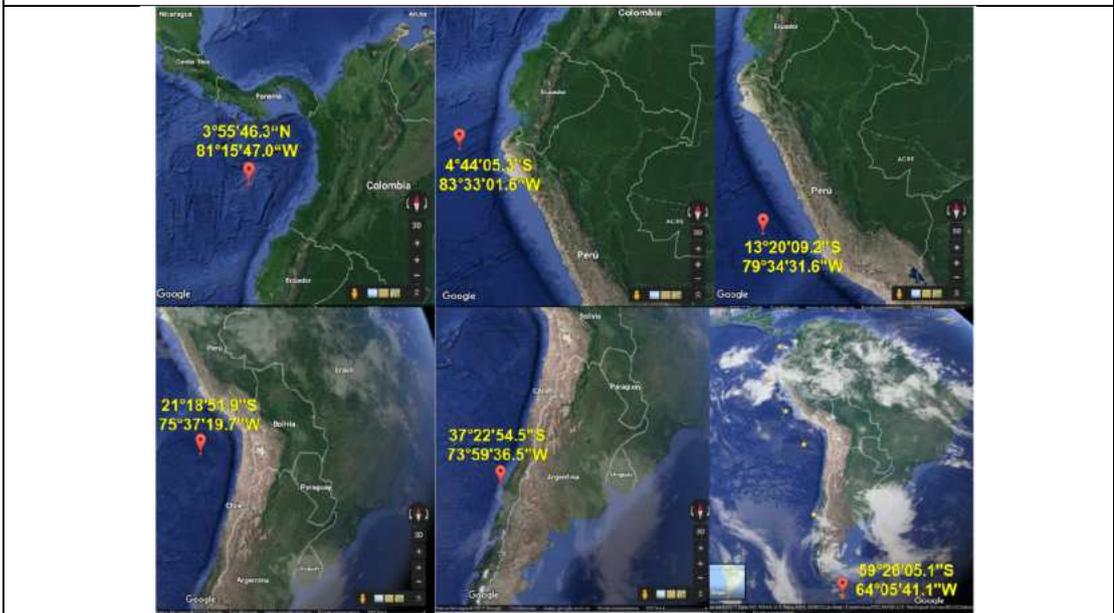
MAREOGRAFIA											
ESTACION	FECHA	HORA	ALTURA	TEMPERATURA	WIND	WIND DIR	WIND SPC	WIND SFC	WIND DIR	WIND SPC	WIND SFC
M1	06/01/17	17:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	18:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	19:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	20:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	21:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	22:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	23:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	00:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	01:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180
M1	06/01/17	02:00	2.1	17.5	1.5	180	1.5	1.5	180	1.5	180

6a. Formato con información batimétrica registrada a bordo del ARC 20 de Julio por personal buque.

6b. Formato información meteorológica registrada a bordo del ARC 20 de Julio por el personal del buque.



6c. Ubicación estaciones hidrográficas propuestas del estrecho de Gerlache para el desarrollo del proyecto



6c. Estaciones hidrográficas realizadas por el ARC 20 de Julio desde Cartagena hasta el paso de Drake.

Figura 6. Aspectos relacionados con actividades realizadas a bordo del ARC 20 de Julio.



7a. Ubicación de puntos escogidos para monitoreo meteorológico en cercanías a la base Yelcho, Isla Doumer (Antártica).



7b. Display de datos registrados con el equipo manual luego de la corroboración de su funcionamiento.



7c. Punto de observación meteorológica costera seleccionado (frente a la boya de oleaje desplegada por el ARC 20 de Julio).

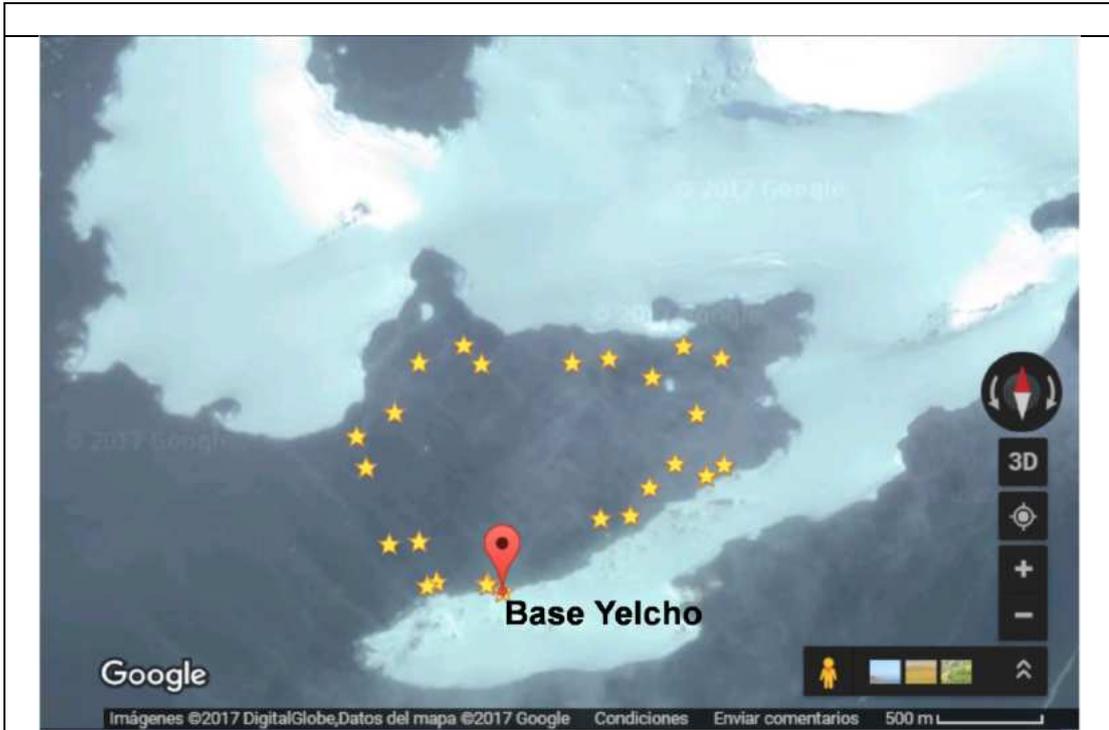


7d. Punto de observación meteorológica en la colina a 80 metros. Isla Doumer.



7e. Punto de observación meteorológica costera en el muelle de la base Yelcho.

Figura 7. Aspectos relacionados con las actividades realizadas para la toma de datos meteorológicos en la Isla Doumer.



8a. Puntos de toma de Tr, TSM y SSM en la bahía Sur, isla Doumer.



8b. Muestra de roca sellada y marcada.



8c. Roca saliente de observación para tasa de deshielo

Figura 8. Aspectos relacionados con las actividades realizadas para la toma de datos oceanográficos en la bahía Sur, Isla Doumer.