



## Anexo “22”

### Proyecto “Comparación de la expresión de proteínas de choque térmico y enzimas detoxificantes en poliquetos tropicales y antárticos bajo condiciones de estrés térmico”

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

**Área Temática 1:** *Biodiversidad de Organismos Antárticos*; **Línea de Investigación:** Biología; **Sublínea:** *Bioinformática de organismos marinos antárticos*; considerando que para el desarrollo del objetivo principal se van a caracterizar las secuencias de los genes de proteínas y enzimas detoxificantes expresados como resultado de las posibles adaptaciones al ambiente antártico y/o tropical, los cuales además tienen potencial de ser patentados y considerados biomarcadores de monitoreo, esta propuesta también se enmarca en el **Área Temática 2:** *Adaptaciones al medio ambiente antártico, valoración y aprovechamiento de sus biorecursos*, **Línea de Investigación:** Biotecnología; **Sublínea:** *Construcción de bancos génicos*.

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

Investigador principal: Idalyd Fonseca González  
Entidad que representa: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia  
Actividades desarrolladas en Base chilena Profesor Julio Escudero, Isla del Rey Jorge, Islas Shetland del Sur, Península Antártica.

Co-investigador: Nombre: Mario Hernán Londoño Mesa  
Entidad que representa: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia  
Actividades desarrolladas en Base chilena Profesor Julio Escudero, Isla del Rey Jorge, Islas Shetland del Sur, Península Antártica.

Co-investigador: Nombre: Jean Paul Delgado  
Entidad que representa: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia  
Actividades desarrolladas en Base chilena Profesor Julio Escudero, Isla del Rey Jorge, Islas Shetland del Sur, Península Antártica.

Co-investigador: Nombre: Marcelo González\*  
Entidad que representa: INACH

#### 3. Otras entidades participantes

Universidad de Antioquia.  
Rectoría.



Vicerrectoría de Investigación  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Instituto de Biología – Pregrado y Posgrado.  
Dirección Nacional del Antártico Argentino: Instituto Antártico Argentino y Fuerza  
Aérea Argentina.  
Instituto Antártico Chileno, INACH.

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

Comparar los patrones de expresión de proteínas de choque térmico y enzimas detoxificantes entre especies de poliquetos de la península Antártica y del mar Caribe colombiano sometidos a condiciones de estrés térmico agudo y su relación con los efectos del Cambio Climático.

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

Objetivo particular 1. Identificar y describir las especies de poliquetos bentónicos de aguas someras de la bahía Fildes (Península Antártica) a fin de determinar las especies más abundantes, las cuales serán sometidas a los experimentos de estrés térmico.

Objetivo particular 2. Recolectar el material biológico que permitirá ensamblar el transcriptoma *de novo* de poliquetos de la Península Antártica.

Objetivo particular 3: Determinar los parámetros físicos y químicos en la zona submareal.

Objetivo particular 4. Determinar la actividad enzimática de SOD, CAT y GST en las especies de poliquetos antárticos más abundantes sometidas a estrés térmico agudo mediante exposición directa a diferentes temperaturas.

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

Base Profesor Julio Escudero – Chile – Instituto Antártico Chileno, INACH – Bahía Fildes, Isla del Rey Jorge, Islas Shetland del Sur, Península Antártica – Febrero 20 a marzo 10, 2017 (Fig. 1 y Fig. 2).

#### **7. Descripción de equipo científico y de apoyo**

Para alcanzar los objetivos relacionados con el componente submareal, sólo se requirió un juego de tamices (400 y 200  $\mu\text{m}$ ) y una pala. Los equipos usados fueron un GPS Garmin etrex10 (Fig 3A) portátil para el geoposicionamiento de cada uno de los sitios de muestreo, y un sensor multiparamétrico YSI Pro2000 (Fig. 3B) con una sonda de 30 m para medir los parámetros físicos y químicos



(Temperatura, Concentración de Oxígeno Disuelto y Salinidad). Igualmente, se requirió el uso de pinzas de punta fina, cajas de petri y recipientes plásticos para la obtención y desplazamiento de los organismos obtenidos en las muestras de arena tamizadas. Estos equipos fueron llevados a la expedición por los investigadores desde la Universidad de Antioquia, Medellín.

El desplazamiento se realizó caminando por la orilla de la bahía Fildes y bahías cercanas; sólo en aquellos casos en los que el desplazamiento incluía salir de la bahía Fildes (Base China y Base Rusa), se solicitó un radio para tener comunicación constante con la Base. Durante esta labor no se requirió usar el traje Mustang; sólo fue usado el vestuario polar llevado por cada investigador (Fig 4).

Para alcanzar el objetivo particular 4 se recolectó material suficiente de una especie de la familia Spionidae con el cual se realizó la estandarización de acuarios con temperaturas controladas de 6 y 8°C. Para esto contamos con la disponibilidad de un cuarto frío en la base Julio Escudero. Desafortunadamente con los equipos disponibles en la base y los llevados desde Colombia (bombas de aire y de agua, termostatos), no logramos que la temperatura ascendiera y se mantuviera estable por el tiempo requerido, el cual estaba entre 1 h y 12 h. Por lo anterior, los experimentos fueron realizados en un equipo termobloque (Bloque térmico). La cuantificación de los niveles de las enzimas Super Oxido Dismutasa (SOD) y Catalasa (CAT), así como la cuantificación de proteínas totales se realizó sobre los sobrenadantes obtenidos mediante centrifugación refrigerada y en un espectrofotómetro (Fig 5 y 6).

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

Los muestreos exploratorios fueron realizados en las bahías cercanas a la Base chilena, rusa y china durante la marea baja diurna, para alcanzar un sustrato adecuado en la zona submareal y asegurar el encuentro de poliquetos. Considerando que en la bahía cercana a la Base China encontramos una mayor abundancia de poliquetos, los muestreos posteriores se realizaron solo en este sitio. Así, una vez en campo, uno de los investigadores usando traje impermeable de pescador hasta el pecho y guantes plásticos hasta los hombros, procedía a identificar un fondo arenoso submareal. Allí se tomaron muestras de fondo usando una pala y depositando la arena en un balde de 20 litros. Luego, usando agua de mar, se llenó el balde hasta los  $\frac{3}{4}$  y se procedió a revolver el agua haciendo que la arena igualmente se suspendiera. Una vez se lograba obtener el agua turbia, se procedía a tamizar vertiendo el agua rápidamente en los tamices. Esta es la forma para asegurar que los poliquetos aparezcan completos y sin maltratarse.



Los poliquetos de los tamices se vertían luego en bandejas plásticas poco profundas, para que los otros dos investigadores procedieran a extraerlos uno por uno usando pinzas de punta fina, en recipientes plásticos y cajas de petri. Así se aseguraba que los gusanos se estresaran lo menor posible, evitando su fragmentación y deterioro.

A la par de esta extracción, uno de los investigadores tomaba la referencia geográfica usando el GPS, y se medían los parámetros físicos y químicos en el mismo lugar en el que se obtenían las muestras de arena.

Los gusanos luego eran transportados al cuarto frío del laboratorio de la Base Julio Escudero, donde se cambiaban a recipientes plásticos más profundos, y se aireaban con bombas para pecera. Allí se mantenían a una temperatura fría (cerca de 4°C), cercana o igual a la del ambiente. Con el fin de tener los organismos a la temperatura ambiente y sin estrés, inmediatamente que se llegó del campo con ellos, se fijaron 80 gusanos en solución de sales RNA Shield con el fin de tener el material adecuado para ser usado en el ensamble del transcriptoma *de novo*, y como grupo control. Igualmente, se fijaron 5 organismos en alcohol 96% para ser usado en métodos de BarCoding.

Posteriormente, usando un bloque térmico estabilizado a 6°C y 8 °C, se procedía a seleccionar 5 gusanos grandes por cada tubo Falcon de 15ml y 1 gusano grande por cada tubo Ependorf. Se usaron 15 tubos Falcon y 10 tubos Ependorf por cada temperatura, y tiempo de exposición (1 hora, 6 horas y 12 horas). Para cada temperatura y cada hora fueron fijados los organismos en RNA Shield y guardados en viales plásticos de tapa rosca, y mantenidos a 4°C. Los organismos expuestos al estrés térmico fueron macerados en frío para determinar la actividad enzimática de las proteínas SOD y CAT, y los niveles de proteínas totales.

Por último, los organismos fueron transportados en neveras plásticas desde la Base a los laboratorios de la Universidad de Antioquia y continuar el estudio molecular de proteínas de choque térmico.

El impacto ambiental que se generó en la zona submareal fue muy bajo, ya que se usaron pocas muestras de arena, dada la alta abundancia de los gusanos. Igualmente, dada dicha abundancia, la cantidad de muestreos fue poca, por lo que la presencia y estrés ambiental en el ecosistema intermareal fue mínimo, evitando vistas constantes, que provocaran pisoteo y movimiento de sedimento.

## **9. Resultados preliminares**



Se encontraron especies de gusanos marinos del phylum Annelida, clase Polychaeta, de las familias, Dorvilleidae, Orbiniidae, Terebellidae, Spionidae y Syllidae, así como gusanos de la clase Oligochaeta (lombrices de tierra). Para el experimento de estrés térmico sólo fue usada una de las especies, perteneciente a la familia Spionidae; sin embargo, las demás especies se tienen a la espera de avanzar en un documento sobre taxonomía morfológica (fig 7).

En relación con la actividad enzimática, los resultados preliminares revelan actividad tanto de SOD como CAT en todos los organismos expuestos a estrés térmico a 6°C y 8°C. Particularmente, comparados con los organismos control (analizados directamente a la temperatura ambiente, entre 1-4°C), los organismos expuestos a 6°C exhiben poca actividad de SOD en todos los tiempos de exposición pero niveles elevados de CAT a 1 y 6 h de exposición. En los organismos expuestos a 8°C, el fenómeno fue opuesto, encontrando mayores niveles de SOD y bajos niveles de CAT. Estos resultados muestran una adaptación metabólica al estrés térmico, evidenciada esta por las diferencias en los niveles de SOD y CAT comparados con los organismos control. Además, se presume que a medida que la temperatura aumenta y por lo tanto el estrés es mayor, las vías metabólicas para compensar este aumento difieren dando predilección a la vía SOD. Se encuentra en preparación una nota científica sobre estos hallazgos.

## 10. Resultados Esperados

En el momento de presentar este informe, se está escribiendo una publicación científica acerca de la redescrición taxonómica de la especie de poliqueto encontrada en la bahía de la Base China. Dados los pocos registros de la especie, y a que la localidad en la cual la especie fue descrita como nueva es la Bahía Almirante, contigua a la Bahía Fildes, esta redescrición ofrecerá una mayor cantidad de información morfológica y ecológica de la especie, la cual no se tiene desde que fue descrita en 1911.

Además, el proyecto continuará con el ensamble del transcriptoma *de novo* de la especie seleccionada. A partir de este, se realizará la caracterización de las secuencias de ADN de los genes Hsp90, Hsc70, Superóxido Dismutasa (SOD), Catalasa (CAT) y Glutathion S-Transferasas (GST); se evaluará la expresión transcripcional de las proteínas Hsp90, Hsc70, SOD, CAT y GST en respuesta a las condiciones de estrés térmico agudo en poliquetos antárticos y tropicales y se compararan los patrones de expresión de las proteínas Hsp90, Hsc70, SOD, CAT y GST entre los poliquetos antárticos y tropicales después de ser sometidos a estrés térmico agudo.



## **11. Actividades de divulgación**

Antes de iniciar la expedición, el canal Tele Antioquia realizó una nota periodística en la cual se presentó a la comunidad el proyecto de investigación y el Programa Antártico Colombiano, haciendo énfasis en los intereses de Colombia por la Antártica y la importancia de este continente para nuestro país.

Durante la expedición y como parte de las jornadas académicas lideradas por el INACH en la base Julio Escudero realizamos una presentación sobre los objetivos de nuestra propuesta de investigación y de la III expedición de Colombia a la Antártica. Este seminario se realizó el jueves 2 de marzo y contó con la asistencia de investigadores de las bases uruguaya, rusa y china. Durante estas jornadas tuvimos también la oportunidad de conocer los diferentes proyectos de investigación que se adelantan en las otras bases científicas.

Al regreso preparamos y sometimos a la revista Experimenta de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia un artículo de divulgación, en el cual se mencionan detalles menos técnicos, aunque de mayor interés general, para que el público conozca en qué consiste una expedición de tal índole. Este artículo fue aceptado para su publicación y se espera que esté disponible en junio de 2017.

## **12. Recomendaciones**

Considerando nuestra experiencia durante esta III expedición recomendamos fuertemente no programar visitas científicas en los tiempos cercanos a las fechas de cierre de las bases que apoyan el PAC. En nuestro caso, la base Julio Escudero tenía programado su cierre para el 8 de marzo, lo cual dificultó el desarrollo de nuestras actividades dado que nos impuso un tiempo mucho más limitado que el programado inicialmente.

Recomendamos también que se colabore eficiente y oportunamente en la consecución de los permisos para el transporte de las muestras hacia Colombia pues sin estos la probabilidad de no traer el material es alta y con esto la pérdida total del trabajo realizado. Considerando que estos permisos no pueden ser tramitados directamente por los investigadores, nuestra recomendación está dirigida hacia todos los organismos, instituciones y personal involucrados en los trámites requeridos para contar con esta documentación al momento de regresar al país.



### 13. Bibliografía consultada

An MI, Choi CY. Activity of antioxidant enzymes and physiological responses in ark shell, *Scapharca broughtonii*, exposed to thermal and osmotic stress: effects on hemolymph and biochemical parameters. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 2010; 155: 34–42.

Anestis A, Pörtner HO, Karagiannis D, Angelidis P, Staikou A, Michaelidis B. Response of *Mytilus galloprovincialis* (L.) to increasing seawater temperature and to metal ions: metabolic and physiological parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part A: Molecular and Integrative Physiology.* 2010; 156: 57-66.

Bochetti R, Fattorini D, Gambi MC, Regoli F. Trace metal concentrations and susceptibility to oxidative stress in the polychaete *Sabella spallanzanii* (Gmelin) (Sabellidae): potential role of antioxidants in revealing stressful environmental conditions in the Mediterranean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.* 2004; 46: 353-361.

Chidawanyika F, Terblanche JS. Rapid thermal responses and thermal tolerance in adult codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Insect Physiology.* 2011; 57, 108-117.

Clark MS, Fraser KP, Peck LS. Antarctic marine molluscs do have an HSP70 heat shock response. *Cell Stress Chaperones.* 2008; 13: 39-49.

Clark MS, Peck LS. HSP70 heat shock proteins and environmental stress in Antarctic marine organisms. *Marine Genomics.* 2009; 2: 11-18.

Clarke A. *Global Climate Change and Biodiversity.* University of East Anglia, Norwich, UK. 2003; 16-17.

Czajka MC, Lee RE. A rapid cold-hardening response protecting against cold shock injury in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Biology.* 1990; 148, 245-254.

Dahlhoff EP, Buckley BA, Menge BA. Feeding of the rocky intertidal predator *Nucella ostrina* along an environmental gradient. *Ecology.* 2001; 82:2816–2829.

Ding Q, Steig EJ, Battisti DS, Küttel M. Winter warming in West Antarctica caused by central tropical Pacific warming. *Nature Geoscience.* 2011; 4: 398–403.

Doney SC, Fabry VJ, Feely RA, Kleypas JA. Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *Annual Reviews Marine Science.* 2009; 1: 169-192.



Doney SC, Ruckelshaus M, Duffy JE, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, Polovina J, Rabalais NN, Sydeman WJ, Lynne D, Talley LD. Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*. 2012. Vol. 4: 11-37. DOI: 10.1146/annurev-marine-041911-111611.

Dong Y, Williams GA. Variations in cardiac performance and heat shock protein expression to thermal stress in two differently zoned limpets on a tropical rocky shore. *Marine Biology*. 2011; 158: 1223-1231.

Everatt MJ, Convey P, Bale JS, Worland MR, Hayward SA. Responses of invertebrates to temperature and water stress: A polar perspective. *Journal of Thermal Biology*. 2015; 54: 118-132. [10.1016/j.jtherbio.2014.05.004](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.05.004)

Feder ME, Hofmann GE. Heat shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. *Annual Reviews Physiology*. 1999; 61: 243-282.

Fernández-Rodríguez V, Londoño-Mesa MH. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*. 2015; 18 (1): 189-204.

Foden WB, Butchart SHM, Stuart SN, Vié JC, Akçakaya HR, Angulo A, DeVantier LM, Gutsche A, Turak E, Cao L, Donner SD, Katariya V, Bernard R, Holland RA, Hughes AF, O'Hanlon SE, Garnett ST, Şekercioğlu ÇH, Mace GM. Identifying the world's most climate change vulnerable species: A systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PlosONE*. 2013; 8(6): 1-13.

Gonzalez K, Gaitán-Espitia J, Font A, Cardenas CA, González-Aravena M. Expression pattern of heat shock proteins during acute thermal stress in the Antarctic sea urchin, *Sterechinus neumayeri*. *Revista Chilena de Historia Natural*. 2016; 89:2. DOI: 10.1186/s40693-016-0052-z.

Griffin SP, Bhagooli R. Measuring antioxidant potential in corals using the FRAP assay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2004; 302 (2): 201-211.

Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW, Medina-Elizade M. Global temperature change. *Proceedings of National Academy of Sciences, U.S.A.* 2006; 103: 14288. doi:10.1073/pnas.0606291103 pmid:17001018.





Hochachka PW, Somero GN. Bio-Chemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution New York: Oxford University Press. 2002. 466 p.

Hoegh-Guldberg O, Bruno JF. The impact of Climate Change on the world's marine ecosystems. *Science*. 2010; (328): 1523-1528.

*IPCC. Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. [Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL. (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs.*

Lesser MP. Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology. *Annual Review Physiology*. 2006; 68: 253-78.

Levitus S, Antonov JI, Boyer TP, Locarnini RA, Garcia HE, Mishonov AV. Global Ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation problems. *Geophysical Research Letters*. 2009. 36, L07608 doi:10.1029/2008GL037155.

*Livak K, Schmittgen T. Analysis of relative gene expression data using real time quantitative PCR and the 2 dd ct method. Methods. 2001;25: 402–8.*

Madeira D, Mandoça V, Dias M, Roma J, Costa PM, Diniz MS, Vinagre C. Physiological and biochemical thermal stress response of the intertidal rock goby *Gobius paganellus*. *Ecol. Indic.* 2014; 46: 232-239. doi:10.1016/j.ecolind.2014.06.029.

Matozzo V, Boscolo A, Marin MG. Seasonal and gender-related differences in morphometric features and cellular and biochemical parameters of *Carcinus aestuarii* from the Lagoon of Venice. *Marine Environmental Research*. 2013; 89: 21-8. doi: 10.1016/j.marenvres.2013.04.007.

Méndez N. Relationships between deep-water polychaete fauna and environmental factors in the southeastern Gulf of California, México. *Scientia Marina*. 2007; 71 (3): 605-622.

Naish T, Powell R, Levy R, Wilson G, Scherer R., et al. Obliquity-paced Pliocene West Antarctic ice sheet oscillations. *Nature*. 2009; 458, 322-328 doi:10.1038/nature07867.



National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center, State of the Climate Global Analysis ([http://www.nodc.noaa.gov/OC5/3M HEAT CONTENT/](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/3M_HEAT_CONTENT/)), revisada el 28 de marzo de 2016.

O'Connor MI, Bruno JF, Gaines SD, Halpern BS, Lester SE, Kinlan BP, Weiss JM. Temperature control of larval dispersal implications for marine ecology, evolution and conservation. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA*. 2007; 104: 1266-1271.

Peck LS, Morley SA, Richard J, Clark MS. Acclimation and thermal tolerance in Antarctic marine ectotherms. *The Journal of Experimental Biology*. 2014; 217: 16-22.

Polanía J. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*. 2010; 13 (2): 75-86.

Rahmstorf S, Cazenave A, Church JA, Hansen JE, Keeling RF, Parker DE, Somerville RCJ. Recent climate observations compared to projections. *Science*. 2007. 316, 709, doi:10.1126/science.1136843.

Rosenzweig C, Karoly D, Vicarelli M, Neofotis P, Wu Q, Casassa G, Menzel A, Root TL, Estrella N, Seguin B, Tryjanowski P, Liu C, Rawlins S, Imeson A. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*. 2008; 453 (7193), 353-357. doi:10.1038/nature06937 pmid:18480817.

Sandford E. Water temperatura, predation and the neglected role of physiological rate effects in rocky intertidal communities. *Integrative and Comparative Biology*. 2002; 42 (4): 881-891. doi: 10.1093/icb/42.4.881 .

Schofield O, Ducklow HW, Martinson DG, Meredith MP, Moline MA, Fraser WR. How do polar marine ecosystems respond to rapid climate change? *Science*. 2010; 328:1520–1523.

Sokolova IM, Frederich M, Bagwe R, Lannig G, Sukhotin AA. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*. 2012; 79:1-15.

Solan M, Whiteley N. Physiological responses of marine invertebrates to thermal stress. En: *Stressors in the marine environment: Physiological and ecological responses; societal implications*. Oxford University Press; 2016. p. 56-71.



Somero GN. Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: Optima, limits, and costs of living. *Integrative and Comparative Biology*. 2002; 42.

Somero GN. The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine 'winners' and 'losers'. *The Journal of Experimental Biology*. 2010; 912-920.

Speight MR, Hunter MD, Watt AD. Insects and climate. In: *Ecology of Insects Concepts and Applications*. Wiley-Blackwell. 2008; pp 33-60.

Tomanek L. Variation in the heat shock response and its implication for predicting the effect of global climate change on species' biogeographical distribution ranges and metabolic costs. *The Journal of Experimental Biology*. 2010; 213, 971-979.

Turnes J, Comiso JC, Marshall GJ, Lachlan-Cope TA, Bracegirdle T, Maksym T, Meredith MP, Wang Z, Orr A. Non-annular atmospheric circulation change induced by stratospheric ozone depletion and its role in the recent increase of Antarctic sea ice extent. *Geophysical Research Letters*. 2009. DOI: 10.1029/2009GL037524.

Vaughan DG, Marshall GJ, Connolley WM, Parkinson C, Mulvaney R, Hodgson DA, King JC, Pudsey CJ, Turner J. Recent Rapid Regional Climate Warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change*. 2003; 60(3): 243-274.

Yasuhara M, Danovaro R. Temperature impacts on deep-sea biodiversity. *Biological Reviews*. 2016; 91(2): 275-287.

Este informe fue elaborado por:

Nombre: Idalyd Fonseca González

Entidad: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia

Investigador de la III expedición de Colombia a la Antártida "Almirante Padilla"

Nombre: Mario Hernán Londoño Mesa

Entidad: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia

Investigador de la III expedición de Colombia a la Antártida "Almirante Padilla"



## Apéndice “1” – Registro Fotográfico



Fig 1. Base chilena profesor Julio Escudero demostrando la cooperación internacional con los Programas Antárticos de Colombia y Turquía.



Fig 2. Investigadores colombianos en la base chilena. De izquierda a derecha: Jean Paul Delgado, Mario H. Londoño Mesa e Idalyd Fonseca González.



Fig 3. Equipos usados durante los muestreos. A. GPS. B. Multiparamétrico.



Fig 4: Investigadores durante un muestreo en la bahía cercana a la Base China.



Fig 5. Termobloque usado para los experimentos de exposición térmica.



Fig 6. Gusanos en recipientes plásticos aireados durante la aclimatación térmica.

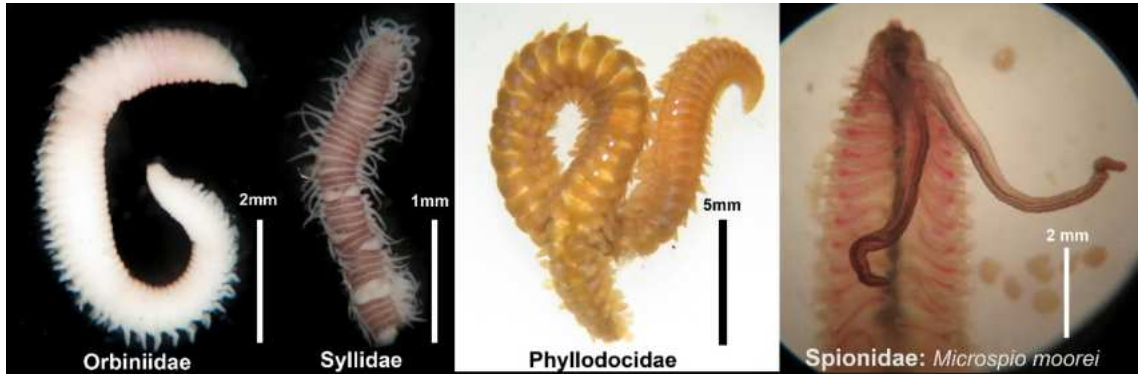


Fig 7. Familias de gusanos marinos encontrados durante los muestreos.