



Anexo “17”

Proyecto “Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados en krill antártico (*Euphasia superba*).

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

Área temática: Seguridad Marítima.

Línea de investigación: Contaminación Marina por Buques

Sub-línea en que se enmarca el proyecto de acuerdo con la Agenda Científica Antártica de Colombia: Contaminación por hidrocarburos en ambientes polares.

Área temática: Ecosistemas marinos, costeros y continentales: cambio ambiental y conservación

Línea de investigación: Impacto humano en Antártica

Sub-línea en que se enmarca el proyecto de acuerdo con la Agenda Científica Antártica de Colombia: Impacto ambiental de la presencia humana en Antártica, impacto del turismo, contaminación, aguas residuales, residuos sólidos, vertimientos y perforaciones.

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

Investigador principal: Mónica María Zambrano Ortiz

Entidad que representa: Universidad de Antioquia

Actividades desarrolladas en (ubicación): Pendientes por realizar análisis de muestras en el CIOH y en la Universidad del Atlántico

MSc. Robinson Fidel Casanova Rosero (Co-investigador)

Entidad que representa: Dirección General marítima – Dimar / Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico – CCCP.

Actividades desarrolladas en (ubicación): Ajuste de técnicas de análisis. Laboratorio de Química, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico – CCCP. Tumaco

Ingeniera Química. Nigireth Paola Suarez (Co-investigadora)

Entidad que representa: Dirección General marítima – Dimar / Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico – CCCP.

Actividades desarrolladas en (ubicación): Toma de muestras durante la expedición. ARC 20 de Julio. Continente Antártico.



3. Otras entidades participantes

Universidad del Atlántico. Profesor Iván León Luna.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe – CIOH.
Personal del Área de Protección del Medio Marino – APROM y del Laboratorio de Química.

4. Objetivo general del proyecto

Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados bioacumuladas por krill (*Euphasia superba*) procedentes de diversos sectores del océano Antártico.

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

Objetivo particular 1. Detectar y cuantificar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos de interés ambiental y ecotoxicológico en *E. superba*.

Objetivo particular 2. Determinar y cuantificar las concentraciones de metales pesados como Cobre (Cu), Zinc (Zn), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Hierro (Fe), Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Aluminio (Al) y Mercurio (Hg) en *E. superba*.

Objetivo particular 3. Evaluar la calidad del agua del océano Antártico en torno a HAP y metales pesados a partir de las concentraciones determinadas en *Euphasia superba*

6. Base o buque donde desarrollaron los objetivos particulares

Los objetivos planteados en el proyecto se desarrollaron a bordo del ARC 20 de Julio.

7. Descripción de equipo científico y de apoyo

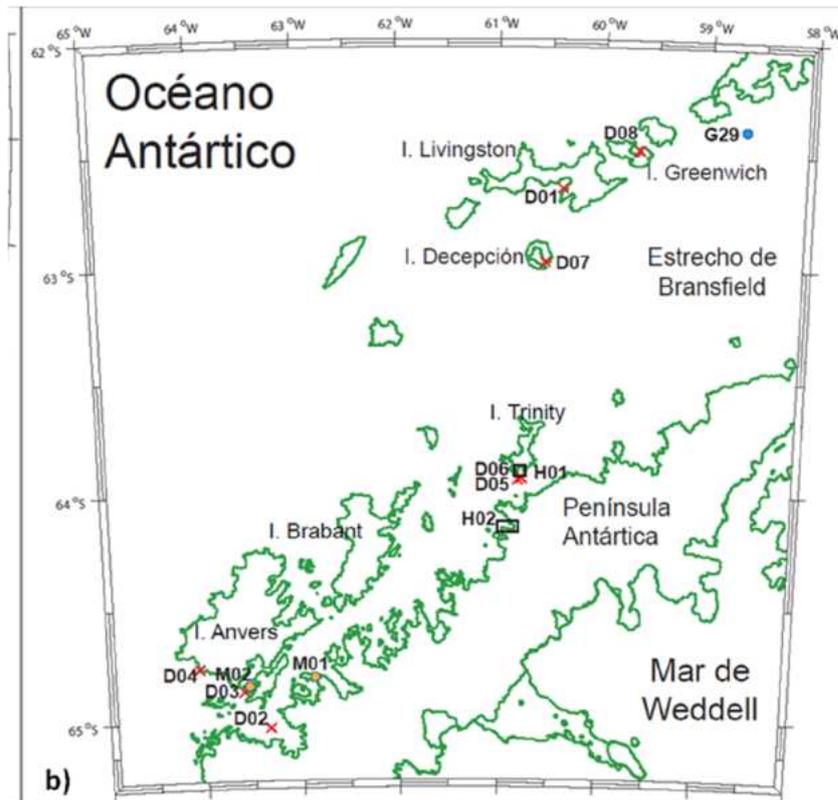
Descripción del equipo 1: Para la toma de muestras se contó con el apoyo de la Ing. Química Nigireth Paola Suarez, que hace parte del proyecto y que tiene vinculación directa con Dimar-Cccp. Así mismo, esta profesional tuvo el apoyo



especialmente de personal de Dimar que participó activamente de la toma de muestras y datos en general, dada la experiencia en este tipo de actividades.

8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Las actividades desarrolladas en torno a la recolección de muestras asociadas al presente proyecto se desarrollaron en las estaciones que se presentan en la Figura 1.



Fuente: Informe Final del Crucero Expedición de Colombia a la Antártida 2016-2017.

Figura 1. Estaciones de muestreo de sedimentos y material biológico para análisis de contaminantes.

Descripción del equipo 1: Se contó con el respaldo de la Ing. Química (Dimar-Cccp) quien obtuvo muestras, las cuales fueron recolectadas en cinco puntos de muestreo cuyas coordenadas se relacionan en la tabla 1; se empleó para ello una draga Shipeck de 5L de capacidad. Las muestras consistieron en organismos (macroalgas) para realizar análisis de contaminantes y de sedimentos para análisis complementarios, estas últimas muestras fueron obtenidas en el marco del proyecto ICEMAN de la Dirección General Marítima - DIMAR.



Tabla 1. Muestras de sedimentos marinos para análisis de HAP, Metales y Granulometría, en custodia de DIMAR, Universidad de Antioquia y Universidad del Atlántico.

Código Estación	Fecha	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Profundidad Estación (m)	Análisis a Realizar		
					DIMAR	U ANTIOQUIA – U ATLANTICO	
					HAP	Metales Pesados	Granulometría
D1	13/01/17	-62.656	-60.399	49	1	1	1
D2	15/01/07	-65.032	-63.340	220	1	1	1
D4	16/01/07	-64.769	-64.058	30	1	1	1
D7	26/01/07	-62.984	-60.561	89	1	1	1
D8	27/01/07	-62.485	-59.679	29	1	1	1
TOTAL MUESTRAS					5	5	5

Teniendo en cuenta que el proceso de toma y almacenamiento de la muestra depende del tipo de análisis al que serán sometidas para determinar contaminantes específicos, se relaciona el procedimiento adelantado a bordo:

i) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos HAP:

La sustracción de las muestras del sedimento contenido en la draga se realizó empleando una cuchara metálica, la cual se encontraba forrada con papel aluminio tratado con hexano a fin de evitar cualquier tipo de contaminación, se recogieron aproximadamente 200 gramos de sedimentos del interior de la draga, luego la muestra fue transferida a papel aluminio tratado y guardado en bolsa ziploc debidamente rotulada.

ii) Metales Pesados

Las muestras destinadas a este tipo de análisis se obtuvieron mediante el uso de una cuchara plástica, recolectando aproximadamente 100 gramos de la misma y seguidamente fue transferida a una bolsa Ziploc debidamente rotulada.

iii) Granulometría

El procedimiento de toma de esta muestra es el mismo descrito para las destinadas a análisis de metales pesados.

Todas las muestras de sedimentos recolectadas fueron inmediatamente almacenadas en un congelador a temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta su respectivo análisis en el laboratorio a través de la técnica de Cromatografía de Gases



acoplada a masas para la determinación de HAP y de Espectrofotometría Absorción Atómica para metales pesados.

La cadena de custodia para las muestras de sedimentos para análisis de HAP la tendrá DIMAR, la custodia de las muestras de sedimentos para análisis de metales pesados y granulometría la tendrá la Universidad de Antioquia y la Universidad del Atlántico, Barranquilla.

Descripción del equipo 2: Empleando un bote zodiac se realizaron dos arrastres, solo uno de ellos siguiendo en detalle la metodología planteada en el proyecto, empleando para ello una red para toma de muestras de zooplancton, así se logró recolectar la única muestra de *E. superba* durante la expedición. Las actividades realizadas.

En la estación G28 se realizó el lance de las redes de ictioplancton de 500 μm y de zooplancton de 200 μm con el fin de efectuar un arrastre vertical entre los 60 y los 0 metros; técnica que no generó resultados satisfactorios. Esta metodología de toma de muestras no es adecuada en la obtención de *E. superba*, tal y como pudo evidenciarse, razón por la cual se intentó obtener muestras en dos estaciones alternas (H01 y H02) realizando para ello arrastres oblicuos con red de zooplancton de 200 μm , desde el bote zodiac a una velocidad inferior de 2 nudos, a una profundidad de 30 metros y por un tiempo de 20 minutos.

A partir de los arrastres oblicuos se obtuvieron muestras de organismos consistentes en mayor proporción de tunicados de la familia Salpiadae (salpas), y algunos ejemplares adultos de *E. superba*.

Las muestras destinadas a la determinación de HAP se almacenaron en papel aluminio tratado y se guardaron en bolsas ziploc rotuladas; las muestras destinadas a la determinación de metales pesados se almacenaron en bolsas ziploc debidamente rotuladas. Ambos tipos de muestras fueron trasladadas a un congelador, donde se almacenaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, como medio de preservación hasta el momento de iniciar el análisis en el laboratorio.

Actualmente las muestras relacionadas con este proyecto permanecen en el laboratorio del CIOH y serán procesadas por personal de la Universidad de Antioquia con apoyo del CIOH y por la Universidad del Atlántico. Antes de dar inicio a cualquier proceso de análisis se verificará si las muestras obtenidas son aptas para los análisis proyectados, dado que por su alto contenido de humedad se requiere de gran cantidad de material biológico para conseguir una muestra representativa.



El material biológico recolectado mediante el uso de draga y de redes se relaciona en la tabla 2.

Tabla 2. Muestras de algas y krill para análisis HAP y Metales pesados

Código Estación	Fecha	Tipo Muestra	Coordenadas		Análisis Realizar	
			Latitud (grados)	Longitud (grados)	U ANTIOQUIA	
					HAP	Metales
G28 Puerto Mikkelsen	17/01/07	Salpas (arrastre vertical)	- 63.938	-60.772	1	1
H01 Isla Trinidad	18/01/17	Salpas (1 arrastre oblicuo)	- 63.905	-60.788	1	1
G3	24/01/17	Algas	- 64.085	-61.372	1	1
H02 Estación Primavera	24/01/17	Salpas-Krill (2 arrastres oblicuos)	- 64.154	-60.957	1	1
D6	25/01/17	Algas Draga shipeck	- 63.944	-60.809	1	1
H01 Isla Trinidad	25/01/17	Algas Muestreo intermareal	- 63.905	-60.788	---	1
Base Gabriel Castilla	26/01/07	Algas Muestreo intermareal			1	1
TOTAL MUESTRAS					6	7

9. Resultados preliminares

Se obtuvieron cinco muestras de organismos que en gran mayoría pertenecen a especies distintas a la de interés del proyecto, pues solo una de ellas corresponde a *E. superba*. Así mismo, se cuenta con muestras de sedimentos para realizar análisis adicionales que permitan relacionarlos con uno de los grupos de contaminantes a determinar.

10. Resultados Esperados

En un lo que resta del año 2017 se espera contar con las muestras procesadas, al igual que los datos obtenidos a partir de las mismas, así mismo se tendrá culminada al menos una tesis de pregrado en torno a concentración de HAP en organismos; se espera generar otros productos –tesis- en torno a los metales pesados que se puedan determinar y dar continuidad al proyecto para generar tesis de postgrado.



A partir de los resultados obtenidos se adelantarán actividades relacionadas con difusión del conocimiento realizando presentaciones en eventos académicos o científicos y se generarán al menos dos artículos científicos.

Se han establecido alianzas importantes con investigadores de universidades de los Estados Unidos para profundizar en contaminantes evaluados y a la vez, incorporar en la próxima fase organismos de un nivel trófico superior, específicamente ballenas Yubarta, incursionando de manera directa en el Área Temática de la Agenda Antártica de Relaciones entre Suramérica y Antártida, Línea de Investigación Especies Migratorias.

11. Actividades de divulgación

Estas actividades en el marco de la expedición fueron realizadas por el personal que participó en la misma y hace parte del informe entregado por la Dimar.

12. Recomendaciones

En el caso particular a partir de la experiencia obtenida con este proyecto son varias las recomendaciones que surgen y que se relacionan a continuación:

- Los cupos asignados durante las expediciones deben tener en cuenta las actividades a ejecutar, para este proyecto en particular al investigador principal se le asignó cupo en una Estación (Profesor Julio Escudero - Chile), cuando los objetivos se asocian a recolección de Krill antártico para monitorear contaminantes y para los que a la vez, se deben realizar arrastres que no tienen sentido si se hacen en una zona reducida como lo es el área de influencia de una Estación. Este tipo de proyectos requieren de apoyo específico por las alternativas de muestreo que pueden surgir, no puede supeditarse a otro tipo de actividades que restrinjan el tiempo necesario de arrastre y de la metodología requerida para la recolección de las muestras.
- Las necesidades de cupo para investigadores a bordo de buque evidencian que estos no son suficientes para cubrir los proyectos aprobados, al igual que los cupos “articulados” con buques de otros países, pues tampoco cubren esta “demanda”. En este sentido, algunos proyectos de la misma institución pueden desarrollarse sin necesidad de llevar varios investigadores con la misma o similar formación, sería importante que quienes cuentan con experiencia y formación holística en ciencias marinas tengan prioridad y puedan aportar experiencia y conocimiento a los diversos proyectos que se ejecutan. Lo anterior teniendo en cuenta que el presente proyecto, al ser interdisciplinario, genera limitaciones si surgen inconvenientes relacionados



con una disciplina (si quien está a bordo no cuenta con la formación integral que el mismo requiere), y más aún, si quienes tienen la formación no cuentan con el conocimiento necesario; por ello se reitera la importancia de tener en cuenta este aspecto al asignar cupos, procurando que los investigadores a bordo puedan apoyar realmente distintos proyectos y estén en capacidad de buscar alternativas que solventen los problemas metodológicos que puedan surgir.

- Es importante que se tengan en cuenta las metodologías planteadas en los proyectos, estas se proponen porque representan la mejor opción para cumplir con los objetivos establecidos; si en la evaluación que se realiza por expertos en la materia para aprobar o no las propuestas se concluye que no es posible ejecutar los procedimientos de manera adecuada, la mejor opción es no dar viabilidad a la propuesta, especificando las limitaciones que se presentan.
- Sería de interés el que se realice una programación previa a la convocatoria de proyectos y que la misma se dé a conocer a los investigadores interesados en participar, de esta manera se pueden formular propuestas “aterizadas” y ejecutables, teniendo en cuenta las zonas de interés sobre las que se adelantarán los estudios, y las posibles estaciones de muestreo. Información previa relacionada con la posible grilla de muestreo, puede definir actividades e incluso viabilidad de proyectos.
- En términos biológicos y químicos (asociados con esta propuesta), muestreos en número reducido de estaciones no resultan significativos, menos aun si estas se encuentran en un área reducida. Para el presente proyecto solo se obtuvieron siete muestras, dos de ellas con posibles problemas para determinación de contaminantes, por lo que solo se tiene “certeza” de cinco muestras (de distintas especies, solo una correspondiente a la especie objetivo), siendo este un número muy reducido; que solo por la cantidad de análisis que involucra (gracias a la articulación interinstitucional con que cuenta) puede llegar generar productos y publicación(es) que aporten al conocimiento del estado en que, en términos de calidad se encuentra el medio marino del continente Antártico.

Sin duda alguna la inversión que hace el país en cada una de estas expediciones es enorme y amerita una muy buena planificación y articulación para obtener el mayor beneficio/provecho de la misma.

13. Bibliografía

A continuación se relaciona la bibliografía del proyecto:



Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2003. CERCLA Priority List. Atlanta, GA:U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [en línea]. [Consultado: 15/02/2016]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/clist.html>

Bargagli, R. 2005. Antarctic ecosystems: environmental contamination, climate change and human impact. Ecological Studies vol. 175, Springer-Verlag, Berlin.

Bargagli, R. 2008. Environmental contamination in Antarctic ecosystems. *Science of the Total Environment* 400, 212-226.

Borghini, F., Grimalt, J.O., Sánchez-Hernández, J.C., Bargagli, R. 2005. Organochlorine pollutants in soils and mosses from Victoria Land (Antarctica). *Chemosphere* 58:271-278.

Broglio, J. 2014. "Lead Pollution Beat Explorers to South Pole, Persists Today." NASA.

Burger, J., Gochfeld, M. 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth* 1, 263-274

Burger, J., Gochfeld, M., Sullivan, K., Irons, D., McKnight, A. 2008. Arsenic, cadmium, chromium, lead, manganese, mercury and selenium in feathers of Black-legged Kittiwake (*Rissa tridactyla*) and Black oystercatcher (*Haematopus bacmani*) from Prince William Sound, Alaska. *Science of Total Environment*. 398. 20-25.

Butt, C.M., Berger, U., Bossi, R., Tomy, G.T. 2010. Levels and trends of poly- and perfluorinated compounds in the arctic environment. *Science of the Total Environment* 408, 2936-2965.

Campbell, I.B., Claridge, G.G.C. 1987. Antarctica: soils, weathering processes and environment. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 368 pp.

Corsolini, S., Kannan, K., Imagawa, T., Focardi, S., Giesy, J.P. 2002. Polychloronaphthalenes and other dioxin-like compounds in Arctic and Antarctic marine food webs. *Environ Sci Technol* de agosto de 2002 15; 36 (16): 3490-6.

Corsolini, S. 2009. Industrial contaminants in Antarctic biota. *Journal of Chromatography A* 1216 (3): 598-612.



Corsolini, S. 2011. Contamination profile and temporal trend of POPs in Antarctic biota. Pages 571-592 in *Global Contamination Trends of Persistent Organic Chemicals* (B. G. Loganathan and P. K. S. Lam, Eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Evans, C.W., Hills, J.M., Dickson, J.M.J. 2000. Heavy metal pollution in Antarctica: a molecular ecotoxicological approach to exposure assessment. *Journal of Fish Biology*, 57 (Suppl. A) 8–19

Gieseke, D.T. 2004. Antarctic Pollution Issues. *International Pollution Issues. E-Journal*. Department of Geography at Hunter College, City University of New York.

Goerke, H., Weber, K., Bornemann, H., Ramdohr, S., Plotz, J. 2004. Increasing levels and biomagnification of persistent organic pollutants (POPs) in Antarctic biota *Marine Pollution Bulletin*. 48 295–302

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1983. Polynuclear Aromatic Compounds: Part 1, Chemical, environmental and experimental data. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. World Health Organization. 32. 95–431. Last updated: 17 April 1998.

King, C.K., Riddle, M.J. 2001. Effects of metal contaminants on the development of the common Antarctic sea urchin *Sterechinus neumayeri* and comparisons of sensitivity with tropical and temperate echinoids. *Mar Ecol Prog Ser*. 215: 143-154

Klanova, J., Matykiewiczova, N., Macka, Z., Prosek, P., Laska, K., Klan, P. 2008. Persistent organic pollutants in soils and sediments from James ROSS Island, Antarctica. *Environmental Pollution* 152:416-423.

Lambert, G. Ardouin, G., Sanak, J. 1990. Atmospheric transport of trace elements toward Antarctica. *Tellus B* 42: 76-82.

Locarnini, S., Presley, B. 1995. Trace element concentrations in Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Polar Biology*, 15, 4, 283 -288

Lohmann, R., Jaward, F.M., Durham, L., Barber, J.L., Ockenden, W., Jones, K.C., Bruhn, R., Lakaschus, S., Dachs, J., Booi, K. 2004. Potential contamination of shipboard air samples by diffusive emissions of PCBs and other organic pollutants: Implications and solutions. *Environmental Science and Technology* 38:3965-3970.



Loeb, V., Siegel, V., Holm-Hansen, O., Hewitt, R., Fraser, W., Trivelpiece, W., Trivelpiece, S. 1997. Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*. 387: 897-900.

Metcheva R, Yurukova L, Bezrukov V, Beltcheva M, Yankow Y, Dimitriv K. 2010. Trace and toxic elements accumulations in food chain representatives at Livingston Island (Antarctica). *Int J Biol*. 2 (1): 155-161.

Mochizuki, M., Mori, M., Hondo, R., Ueda, F. 2008. A new index for evaluation of cadmium pollution in birds and mammals. *Environmental Monitoring and Assessment*. 137. 35-49

Moline, M.A., Hervé Claustre, H., Frazer, T.K., Schofield, O., Vernet, M. 2004. Alteration of the food web along the Antarctic Peninsula in response to a regional warming trend. *Global Change Biology*. 10 (12): 1973–1980.

Nygård, T., Lie, E., Row, N., Steinnes, E. 2001. Metal dynamics in an Antarctic food chain. *Marine Pollution Bulletin*. 42: (7): 598-602

Pedraza Díaz, S. 2011. Impacto de las actividades humanas en el estado sanitario de fócidos y otarios en la península Antártica. *Ecosistemas* 20(1):87-93.

Dos Santos, I.R., Silva-Filho, E.V., Schaefer, C.E., Albuquerque Filho, M.R., Campos, L.S., 2005. Heavy metals contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island. *Marine Pollution Bulletin* 50, 185-194

Dos Santos, I.R., Silva-Filho, E.V., Schaefer, C.E., Silvia M. S., Silva, C.A., Gomes, V., Passos M.J., Van Ngan, P. 2006. Baseline mercury and zinc concentrations in terrestrial and coastal organisms of Admiralty Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*. 140: 304 - 311

Shtereva, G.P. Dzhurova, B.S., Nikolova, T.S. 2004. Contamination of sediments in Varna Lake and Varna Bay. *Water. Sci. Technol*. 50, 317-320.

Sladen, W.J.L., Menzie, C.M., Reichel, W.L., 1963. DDT residues in Adelie penguins and a crabeater seal from Antarctica. *Nature* 210, 670-673.

Smichowski, P., Vodopivec, C., Muñoz-Olivas, R., Gutierrez, A.M., 2006. Monitoring trace elements in selected organs of Antarctic penguin (*Pygoscelis adeliae*) by plasma-based techniques. *Microchemical Journal* 82, 1-7.



Smith, S.D.A., Simpson, R.D.. 1995. Effects of the “Nella Dan” oil spill on the fauna of *Durvillaea antarctica* holdfasts, Marine Ecology Progress Series. 121, 73 - 89

Soszka, G., Suplinska, N., Baranski, A., Grzybowska, D., Pietruszewski, A. 1981. Trace metals, fluorine and radionuclids in Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. Polish Polar Research, 2, 109 – 117.

Tejedo, P., Pertierra, L., Boada, M., Benayas, J. (2011). Equilibrios sobre el hielo: una breve (pero completa) revisión del conocimiento sobre el impacto humano en la Antártida. Ecosistemas 20(1):69-86.

UNEP, 2002. Regionally based assessment of persistent toxic substances - Antarctica regional report. UNEP Chemicals, Geneva.

Walker, C.CH, Hopkin, SP., Sibly, RM., Peakall, DB. 2001. Principle of Ecotoxicology. Second Edition.

West JE, Lanksbury J, O'Neill, S.M. 2011. Persistent organic pollutants in marine plankton from Puget Sound. Washington Department of Ecology, Olympia

Yin, X., Xia, L., Sun, L., Luo, H., Wang, Y. 2008. Animal excrement: a potential biomonitor of heavy metal contamination in the marine environment. Science of the Total Environment 399, 179-185.

Yamamoto, I., Honda K., Tatsukawa, R. 1987. Heavy metal accumulation In Antarctic krill *Euphausia superba*. Proc NIPR Symp Polar Biol 1:198-204

Este informe fue elaborado por:

Nombre: Mónica María Zambrano Ortiz

Entidad: Universidad de Antioquia

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