



**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
INSTITUTO ANTÁRTICO ECUATORIANO**



INFORME FINAL

**PROYECTO PARA EL ESTUDIO DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES
(COPS) Y MERCURIO EN LA RED TRÓFICA DE LA ANTÁRTICA**

AÑO/PERIODO: 2009, 2011 y 2012

31 de Enero 2013

INFORME DE AVANCE DEL PROYECTO 2009, 2011 y 2012

1. DATOS GENERALES

1.1 Nombre del Proyecto

PROYECTO PARA EL ESTUDIO DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPS) Y MERCURIO EN LA RED TRÓFICA DE LA ANTÁRTICA

1.2 Personal Participante e Instituciones Ejecutoras

Paola Calle. PhD
Juan José Alava. PhD
Frank A. P. C. Gobas. PhD
Omar Alvarado
Guillermo Ochoa

Institución Ejecutora:

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceanográficas y Recursos Naturales.
Escuela Superior Politécnica del Litoral.

School of Resource & Environmental Management, Faculty of the Environment, Simon Fraser University.

Responsable (s) del proyecto: Paola Calle. PhD

1.3 Hipótesis General del Proyecto

***H₀*:** El razonamiento de la hipótesis se enfoca en la premisa sustentado el hecho de que los COPs y mercurio están presentes en matrices ambientales seleccionadas tales como agua, sedimentos y aves marinas de la Península Antártica.

***H₁*:** El razonamiento de la hipótesis se enfoca en la premisa sustentado el hecho de que los COPs y mercurio no están presentes en matrices ambientales seleccionadas tales como agua, sedimentos y aves marinas de la Península Antártica.

1.4 Año/Periodo de Ejecución

2009, 2011 y 2012

1.5 Principales Resultados

- Alava, J. J., Gobas, F. A. P. C., Riofrío, M. y Olmedo, J. 2009. Proyecto para el estudio de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y Mercurio en la red trófica de la Antártida. En Chavarría-Viteri J., y Riofrío (eds.), M. Resumen, Memorias del V Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas y II Simposio Ecuatoriano de Ciencia Polar. 28 de Agosto – 4 de Septiembre. La Libertad-Salinas-Guayaquil, Ecuador.
- Monserrate. L., Medina, J.F. y Calle, P. 2009. Caracterización de las Condiciones Físico y Químicas del Sedimento de la Isla Greenwich - Antártica. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. ESPOL. Guayaquil. Expuesto en el V Simposio Latinoamericano sobre Ciencias Antárticas y II Simposio Ecuatoriano de Ciencias Polar en la ciudad de Santa Elena - Ecuador. Resumen de memorias. 28 de Agosto – 4 de Septiembre.
- Calle, P., Alava, J., Alvarado, O. Assessing environmental parameters and heavy metals in sediment and seabird sample from Greenwich Island, Antarctic Peninsula. Expuorth America 33rd Annual Meeting en Long Beach, California (USA)

2. INFORME TÉCNICO

2.1. Resumen

Diversos estudios eco-toxicológicos han demostrado que los compuestos orgánicos persistentes (COPs) y mercurio pueden ser transportados a lo largo de considerables distancias debido al transporte atmosférico-ambiental de largo rango, con la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en redes tróficas y causar daños reproductivos y efectos negativos en especies ocupando altos niveles tróficos, incluyendo mamíferos marinos y aves; la presencia de mercurio en las plumas analizadas nos da la certeza de que la contaminación generada en los continentes esta viajando llegando y afectando a las especies de aves antárticas a pesar de estar muy lejos del sitio de generación de dichos contaminantes

2.2 Introducción

Diversos estudios eco-toxicológicos han demostrado que los compuestos orgánicos persistentes (COPs), principalmente compuestos órganoclorados tales como dicloro-dietiltricloro-etanos (DDTs), policlorinadosbifenilos (PCBs), y hexacloro-ciclo-hexanos (HCHs) pueden ser transportados a lo largo de considerables distancias debido al transporte atmosférico-ambiental de largo rango, con la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en redes tróficas y causar daños reproductivos y efectos negativos en especies ocupando altos niveles tróficos, incluyendo mamíferos marinos y aves. Las zonas frías tales como el Ártico y la Antártida son particularmente vulnerables a estos compuestos debido al fenómeno conocido como destilación global, el cual causa que estos contaminantes se concentren en regiones frías o congeladas. Las investigaciones llevadas a cabo en el Ártico han desempeñado un rol clave en la contribución de estudios que documentan el transporte, destino y efectos de estos contaminantes (Kelly y Gobas 2001, Kelly y Gobas 2003, Kelly *et al.*, 2007). Estas investigaciones han promovido iniciativas globales tales como la Convención de Estocolmo para el manejo y control de Compuestos Orgánicos Persistentes (UNEP 2001), la misma que recibió su designación como Ley Internacional en Mayo 17, 2004. Muy pocos estudios de similar magnitud han sido llevados a cabo en la Antártida, por lo que la información acerca del estado de contaminación por COPs en la red trófica Antártica es escasa y muy limitada. Mientras los estudios en el Ártico han ganado especial atención bajo la Convención de Estocolmo para COPs, este no es el caso para el continente Antártico; a pesar de que Ecuador es un país signatario de esta Convención, ratificándola en Junio 2004 y partir de lo cual se emprendió el

primer inventario de COPs en Ecuador continental, incluyendo PCBs, dioxinas y pesticidas organoclorados (Ministerio del Ambiente-ESPOL-ICQ 2004, Ministerio del Ambiente 2006).

Existen diversas razones para justificar y emprender investigaciones y monitoreo ambiental sobre la contaminación y niveles de COPs en la red trófica Antártica con el fin de mejorar el estado de conocimiento y entender de qué manera estos contaminantes se mueven o transportan a través de la red trófica Antártica. En primer lugar, esto tiene una mayor significancia dado que en la última reunión del grupo de trabajo de países industrializados-líderes (Cumbre del G8) en Junio 2008, estos países decidieron proveer stocks de DDT para combatir la malaria en África, lo cual probablemente incrementara la concentración de DDT en el Hemisferio Sur y poner en alto riesgo diversas especies de animales, en particular aves y mamíferos marinos. El continuo uso de DDT en Sudamérica también aportara con el aumento de los niveles de DDT en la Antártica. Similarmente, el incremento global en las emisiones de mercurio tendrá también un efecto en la vida marino-silvestre en la Antártica. El mercurio orgánico es un elemento altamente bioacumulativo y tóxico e impacta notablemente especies que se encuentra la tope de las cadenas alimenticias (p. ej. aves marinas y mamíferos marinos). Finalmente, hay nuevos compuestos emergentes de los cuales se prevé que tendrán riesgos significativos a la vida silvestre mundial, pero de manera especial en el Ártico y Antártica en el futuro inmediato. Dentro de esta clase de químicos industriales se encuentran compuestos de particular preocupación denominados hidrocarburos o compuestos perfluorados (PFCs). Los compuestos perfluorados (PFCs), los cuales incluyen ácidos perfluoralkalinos (PFAs), perfluoro octanos sulfofluorados (PFOS) y ácidos perfluorooctanoicos (PFOA) han creado una gran preocupación dentro del campo eco-toxicológico, debido a que estos también han sido encontrados recientemente en diferentes especies de animales en concentraciones considerables. Los PFCs ya han sido detectados en osos polares de regiones del Ártico (Kannan *et al.*, 2005, Smithwick *et al.*, 2006), en nutrias de río y comadreas de los Estados Unidos (Kannan *et al.*, 2002), en diferentes especies de aves marinas del Océano Pacífico Central y en aves acuáticas, águilas calvas y pescadoras existentes en diferentes regiones de los Estados Unidos (Kannan *et al.*, 2001). Los PFCs también han sido detectados en tortugas marinas de la costa sur este de Norte América (Keller *et al.*, 2005). Por consiguiente, el biomonitoreo de estos compuestos es de gran importancia en los diferentes componentes bióticos y/o especies; con el fin de conocer los niveles, patrones, distribución y destino eco-toxicológico mundial. Estos compuestos son extremadamente persistentes, los cuales son transportados a través de largas distancias, predominantemente en corrientes oceánicas. Los PFCs pueden biomagnificarse en redes tróficas y alcanzar altas concentraciones en mamíferos marinos y aves marinas. Recientemente se ha demostrado que los niveles de algunos compuestos PFCs sobrepasan las concentraciones de DDTs, PCBs y otros pesticidas organoclorados (Kelly *et al.*, 2009). Esto es una prueba contundente de que la gran mayoría de estos compuestos (PFCs) no están siendo regulados o controlados a nivel local o global.

Todos estos estudios sugieren la naturaleza disruptiva y deletérea de estos contaminantes en la salud de estas especies. Este aspecto es realmente crítico, debido a que ofrece una visión científica y oportunidades para realizar más investigación por parte de eco-toxicólogos, mastozoólogos marinos, y biólogos de vida silvestre; con el fin de contribuir con información básica, concernientes con el potencial efecto negativo de estos contaminantes en la fauna marina y vida silvestre.

Adicionalmente el calentamiento global irreversible que está sufriendo nuestro planeta y que rápidamente está afectando las regiones está causando importantes impactos negativos, físicos, ecológicos, sociológicos y económicos (IPCC, 2001). Durante los últimos 50 años se ha observado en la región oeste de la Antártida un incremento de 2,5°K de temperatura (Vaughan *et al.* 2001 King, 1994; Smith and Stammerjohn, 2001). Así mismo, la Universidad de Washington reveló un aumento de alrededor de 0,6°C entre 1957 al 2006 en la Antártida Occidental. Adicionalmente,

estudios de la FIMCBOR en expediciones pasadas (2009 y 2011) reportaron gran variabilidad durante el día de la temperatura superficial del agua a lo largo de la línea costera de la Punta Fort Williams (1.92 a 8.93°C). El continuo calentamiento podría derretir el hielo o producir el desprendimiento del mismo, lo que ocasionaría graves consecuencias a nivel mundial principalmente por el aumento considerable de los niveles de los mares, alteración de las Corrientes marinas y sistemas ecológicos y biológicos de la Antártida. Recientemente también se ha estudiado y confirmado a través de modelos matemáticos el efecto de cambio climático en la re-volatilización de COPs contenidos en el agua y paquetes de hielo en el Ártico y se preve un aumento de los COPs tales como DDTs y otros pesticidas organoclorados en la atmósfera y subsecuente transporte atmosférico global de largo rango a otras regiones (Maer *et al.*, 2011). Un escenario similar podría darse en la Antártica con el aumento global de la temperatura y por consiguiente el impacto indirecto del calentamiento global en el continente blanco. → ?

Bajo estas premisas y con la meta de lograr y asegurar que los efectos negativos potenciales generados por COPs, mercurio y nuevos compuestos (PFCs) sean considerados en las negociaciones globales en lo relacionado a la producción comercial química y su uso, es importante el desarrollo de estos programas de investigación de alta calidad para estudiar y evaluar el destino y efectos de contaminantes en la red trófica Antártica. Así mismo, el análisis de la variabilidad en el tiempo de las condiciones ambientales nos dará una alerta temprana de los cambios que están ocurriendo en esta región y los efectos ecológicos de los mismos.

La finalidad de la presente propuesta corresponde a la tercera fase del proyecto con el fin de continuar monitoreando los niveles de COPs y realizar un estudio multi-temporal y espacial en la Península Antártica en su tercer año (2012), así mismo, se incluirá el estudio multi-temporal de las condiciones ambientales y de calidad del agua y sedimento de la Isla Greenwich. } ?

2.3 Objetivo General

Continuar con el estudio y monitoreo de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y mercurio en la Península Antártica para entender su transporte, destino, niveles y potenciales efectos a la vida silvestre en el largo plazo en las escalas espaciales y temporales (2009-2012).

2.4 Objetivos Parciales

1. Determinar las condiciones físicas y químicas del agua superficial a lo largo de la línea costera de la Punta Fort Williams – Isla Greenwich. (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto)
2. Determinar la calidad del agua superficial a lo largo de la línea costera de la Punta Fort Williams – Isla Greenwich. (pH, Nitrito, Nitrato, Amoníaco, Fosfatos) para el año 2012 únicamente.
3. Determinar las características físicas (composición arenas, limos y arcillas) y la cantidad de materia orgánica del sedimento de la Isla Greenwich y de Islas Aledañas, años 2011 y 2012.
4. Investigar las concentraciones actuales de DDT, pesticidas organoclorados, compuestos PFCs seleccionados y mercurio en dos o tres poblaciones de aves marinas (p. ej. Petrel Gigante, *Macronectes giganteus*, y pingüinos Antárticos: Pingüino Chinstrap, *Pygoscelis Antarctica*; Pingüino Gentoo, *Pygoscelis papua*; o Penguino de Adelia,

Pygocelysadeliae) en relación a las concentraciones causando efectos tóxicos para evaluar riesgo actual y futuro (2009, 2011, 2012).

5. Investigar la transferencia trófica de compuestos PFCs seleccionados, DDT y pesticidas organoclorados en la red alimenticia marina de la Antártica.
6. Investigar el uso de técnicas no invasivas para monitorear contaminantes orgánicos y concentración de mercurio en redes alimenticias de las Antártica.
7. Explorar posibilidades para establecer un programa de monitoreo costo-efectivo de contaminación ambiental en el largo plazo para la biota marina y vida silvestre en la Antártica.

2.5 Área de Estudio

El trabajo de campo se efectuó en la Península Antártica, en áreas aledañas o vecinas de los alrededores de la Estación Pedro Vicente Maldonado como indicado en el cuadro 1. El tipo de muestras y los sitios de estudio corresponde a los mismos lugares muestreados en el 2009, 2011 y 2012. La colección de muestras se lo realizará usando métodos no invasivos para la colección de plumas de aves. Las muestras de sedimento fueron colectadas manualmente utilizando un core de 15 cm de diámetro, las condiciones ambientales para calidad de agua fueron tomadas a lo largo de la línea costera de la Punta Fort Williams *in situ* utilizando un multiparámetroHach, registrando su ubicación utilizando un GPS.

Cuadro 1. Muestras colectadas y sitios de muestreo visitados en el 2009

Tipo de muestra	Sitio	Coordenadas-GPS
Agua marina	Punta Ambato	62°26'59"S; 59°43'30.1"W
	Isla Barrientos	
	Estación Maldonado	
Sedimentos	Punta Ambato	62°26'59"S; 59°43'30.1"W
	Isla Dee	
	Estación Maldonado	
Plumas de Petrel gigante	Estación Maldonado	62°26'59"S; 59°43'30.1"W
Plumas de pinguino Gentoo	Isla Barrientos	62°24'01"S; 59°43'52"W
Heces de pinguino Gentoo	Estación Maldonado	62°24'01"S; 59°43'52"W
	Isla Barrientos	
Liquenes	Estación Maldonado	62°26'59"S; 59°43'30.1"W

2.6 Cronograma del Trabajo

Actividades realizadas en la Antártida

1. Colecta de plumas, huevos abandonados-congelados, y material fecal excretado en los sitios de anidación de las colonias de petreles gigantes (*Macronectes giganteus*) y pingüinos Antárticos, tales como Pingüino Chinstrap (*Pygoscelis Antarctica*), Pingüino Gentoo (*Pygoscelis papua*) o Penguino de Adelia, (*Pygoscelis adeliae*). Estas aves marinas no necesitaron estar presentes al momento del muestreo de campo.
2. Toma de muestras de agua, sedimentos, plancton y peces de tamaño pequeño en los alrededores o cerca de las colonias de anidación de aves marinas.
3. Extracción de las muestras de agua usando cartuchos de extracción de fase sólida (SPE extraction cartridges; OASIS® Wax, 6 cc, 150 mg, 30 µm) en el lugar de muestreo. Estos dispositivos de muestreo (cartuchos) serán llevados a la Antártica.
4. Colecta de líquenes en áreas rocosas cercanas a los sitios de anidación.

Actividades en ESPOL

1. Muestras transportadas refrigeradas en una hielera hasta la ESPOL y analizadas según sea el caso.
2. Los análisis para determinar las características del sedimento incluyen análisis del tamaño de la partícula utilizando el método Plumb (1981) modificado en el cual las muestras de sedimento colectadas serán separadas en sus componentes de limos y arcillas (<63 µm) y arena (> 63 µm).
3. Análisis de compuestos inorgánicos (concentración de mercurio) usando el analizador de mercurio.
4. Análisis de resultados de las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, pH) y comparación multitemporal con los muestreos del 2009, 2011 y 2012.

Actividades realizadas Canadá 2009.

1. Se recibieron las muestras obtenidas durante la expedición en el Instituto de Ciencias Oceánicas del Departamento de Pesca y Océano Canadiense (IOS/DFO-Canadá; contacto: Dr. Michael Ikononou), con los respectivos permisos oficiales y facilidades para recibir muestras biológicas desde otras partes del mundo.
2. Se realizó el análisis químico orgánico de todas las muestras para determinar PFCs usando cromatografía líquida con detectores de espectrómetro de masas doble (LC-MS-MS). Esto se llevó a cabo con la supervisión técnica del Dr. M. Ikononou (IOS/DFO-Canadá). Los resultados preliminares indican que las muestras se encuentran debajo del límite de detección (<LD) para PFCs. Actualmente se está incrementando el volumen de los extractos de las muestras para aumentar la detectabilidad de los compuestos.
3. Se llevaron a cabo análisis para determinar DDT y pesticidas organoclorados usando cromatografía de gas y espectrómetro de masas de alta resolución (HRGC-MS).

2.7 Metodología aplicada y Materiales utilizados

Caracterización de sedimentos.

(Arena, Limo y Arcila)

MATERIALES

- Tamiz de 63 micras
- Balanza analítica
- Dos bandejas
- Dos embudos pequeños.
- Dos embudos grandes
- Estufa de secado a 90°
- Termómetro hasta 100
- Cronometro
- Pera
- Pipeta de 20ml
- Pipeta de 25ml
- Picetas de 500 ml
- Cilindro graduado.
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Beakers de 80 ml
- Probeta de 1000 ml

- Embudo
- Cuchara

Sustancias:

- ✓ Agua destilada
- ✓ Hexametafosfato al 5%

Observación:

El Hexametafosfato al 5% actúa como dispersor de partículas en la muestra de sedimento.

Determinación de Materia Orgánica.

- Balanza automática
- Crisoles
- Guantes
- Mufla para cenizas a 600°
- Pinzas de metal
- Estufa de secado a 90°
- Cuchara
- Recipientes plásticos

METODOLOGIA

La muestra no deberá contener material orgánico como hojas, tallos o rocas.

- Primero anotaremos el numero ya establecidos de los beakers
- Los beakers con la muestra serán pesada en la Balanza analítica.
- La muestra se coloca en un recipiente pequeño y se colocó aproximadamente 20 gr de muestras.
- Añadimos con la ayuda de una pipeta 20 ml de un agente dispersante (HEXAMETAFOFATO al 5%) para separar los diferentes tipos de sedimentos encontrados en la muestra.
- Mezclamos un poco la muestra resultante para hacerla homogénea y se deja en remojo por 10 minutos aproximadamente
- Separaremos la muestra entera de sus componentes finos por lavado.
- Pasamos la muestra por el tamiz de 63 micras hasta lograr separar los componentes, para esto vamos lavando la muestra con agua destilada (La muestra retenida en el tamiz será arena)
- Recogeremos lo que queda en el tamiz y el agua del tamizado en un cilindro graduado.
- Tomamos la pipeta con los 1000ml de la solución resultante y tomamos la temperatura.
- Según la temperatura marcada, con ayuda de la tabla del método de la pipeta determinamos que: Se marca el cronometro a 20s para sacar la muestra correspondiente a limo y 25,49s para sacra la muestra correspondiente a arcilla tomando la muestra a 20cm de profundidad y a 10cm de profundidad respectivamente.
- Antes de tomar el tiempo se debe batir la mezcla 10 veces.
- Pasado el tiempo en cronometro se toma la muestra con pipeta y a 20 y 10cm .
- Y se colocan en los beaker restantes
- Al final tendremos 4 beaker en la estufa a 90°C por 48h.
- Una vez transcurrido el tiempo se pesan las muestras ya deshidratadas.

Determinación de Materia Orgánica por el método de pérdida por ignición

- Una vez obtenidas las muestras proceder analizar lo más pronto posible,
- Procedemos a pesamos los crisoles en la balanza analítica, y lo anotamos como peso 1
- Una vez que los crisoles estén pesados agregamos aproximadamente 5 gr de la muestra analizar.
- La muestra pesada es llevada a la estufa por 24 horas a 90°C
- Pasadas las 24 horas en la estufa la muestra se vuelve a pesar y se lo anota como peso 2.
- Y luego son llevadas a la mufla por 2 horas a 600°C.
- Después de las 2 horas retiramos los crisoles con ayuda de las pinzas de metal, las colocamos en recipientes de metal, las dejamos enfriar y finalmente pesamos por tercera vez los crisoles con la muestra, lo anotamos como peso 3
- Con la muestra obtenida sacaremos el porcentaje de materia orgánica.

Formulas

Peso 1. El peso del crisol solo

Peso 2. Crisol más la muestra seca pasadas las 24 horas en la mufla.

Peso 3. Dos horas después del segundo peso.

$$(P2 - P3) / (P3 - P1) * 100\%$$

Lo que da como resultado el porcentaje de materia orgánica de la muestra analizada

Tabla 1. Muestras colectadas y sitios de muestreo visitados en el 2009 al 2012

Tipo de muestra	Sitio	Coordenadas-GPS
Sedimentos	Punta Ambato Isla Dee Estación Maldonado	62°26'59''S; 59°43'30.1''W
Plumas de Petrel gigante (Figura A-2, Anexos)	Estacion Maldonado	62°26'59''S; 59°43'30.1''W
Plumas de pingüino Gentoo (Figura A-3, Anexos)	Isla Barriento	62°24'01''S; 59°43'52''W
Heces de pingüino Gentoo	Estación Maldonado Isla Barriento	62°24'01''S; 59°43'52''W

Líquenes (Figura A-4, Anexos)	Estación Maldonado	62°26'59''S; 59°43'30.1''W
-------------------------------	-----------------------	-------------------------------

MUESTREO Y ANALISIS QUIMICOS

El enfoque de este estudio son las aves marinas. La razón principal para seleccionar aves marinas se debe al hecho de que los estudios de COPs han demostrado que las poblaciones de aves en comparación con otras especies han sido las más afectadas por estos contaminantes. Las aves marinas tienen una gran capacidad de bioacumular y biomagnificar compuestos químicos orgánicos debido a que el sistema metabólico y bioenergético es altamente eficiente en esta clase de vertebrados, así como por el alto nivel trófico que ellas ocupan en las redes alimenticias. Por tal motivo las poblaciones de aves se encuentran a menudo en un riesgo sumamente alto de bioacumular compuestos y pueden ser usadas como centinelas o bioindicadores de contaminación en las redes tróficas grandes de la Antártica.

Se llevaron a cabo técnicas de muestreo no invasivas o no letales para minimizar o evitar completamente impactos negativos o daños en las poblaciones de aves durante muestreo. Esto es importante sobre todo cuando se trabaja con especies amenazadas o vulnerables. El muestreo se enfocó en la colecta de plumas caídas o mudadas, y material fecal en los sitios de anidación. Para el caso de los PFCs, los cuales son compuestos que tienen una gran afinidad para ligarse a las proteínas, las plumas son tejidos muy adecuados para colectas no invasivas y para investigar estos compuestos, dado que las plumas consisten principalmente de keratina (una proteína de alto peso molecular). Se conoce que las excretas o material fecal contienen altas concentraciones de contaminantes debido a la magnificación gastrointestinal que toma lugar en el organismo de los animales y además las concentraciones de contaminantes en las excretas están relacionadas a las niveles de de contaminantes absorbidos por el organismo de tal manera que estas matrices ambientales (material fecal) pueden proveer una medida o valor de las concentraciones acumuladas. Los altos coeficientes de partición octanol-aire o comúnmente expresado como *K_{oa}*, (un criterio de evaluación usado en toxicología ambiental para medir bioacumulación en organismos que respiran aire), de los compuestos causan pérdidas mínimas de los contaminantes desde el material fecal o plumas a el aire después de que las plumas y material fecal han sido eyectadas/mudadas y excretado, respectivamente. Esto significa que las concentraciones de los compuestos escogidos pueden permanecer en estas matrices ambientales y servir como una medida de los niveles de exposición a contaminantes aun después de que los mismos han sido eyectados por largo tiempo. Las muestras de plumas y excretas fueron colectadas, y almacenadas en coolers y transportados vía aérea en hielo seco a el Instituto de Ciencias Oceánicas del Departamento de Pesca y Océanos de Canadá (Institute of OceanSciences-IOS, Department of Fisheries and OceanCanada-DFO; contacto: Dr. Michael Ikononou). Las muestras fueron analizadas para compuestos PFCs escogidos (masa analizada: 0.74 g de plumas/muestra; 0.65 g de heces/muestra), y posteriormente serán analizadas para investigar DDT y pesticidas órganoclorados de acuerdo a las metodologías química-analíticas previamente desarrolladas en esta institución (Ikononou *et al.*, 2001) y basadas en el uso de cromatografía de gas y espectrometría de masas de alta resolución (HRGC-MS) y cromatografía líquida con detectores de espectrometría de masas doble (LC-MS-MS) bajo la asistencia del Dr. M. Ikononou. El Método usado para el análisis de PFCs en este reporte esta descrito en Kelly *et al.*, (2009).

Adicionalmente se colectaron y analizaron muestras de sedimentos (masa analizada: 2g de sedimento/muestra) para explorara las vías de exposición y por consiguiente acumulación de PFCs en relación a DDT y pesticidas órganoclorados en la red trófica marina. Las muestras de sedimentos fueron colectadas usando una draga de muestreo (grabsampler) y transferidos en pequeños frascos de vidrio de 10 mL, mantenidos bajo refrigeración a < 4°C y transportados para análisis.

Similarmente, se tomaron muestras de líquenes los cuales son usados como potenciales indicadores o monitores biológicos del transporte atmosférico global de COPs. Las muestras de líquenes fueron colectadas en áreas rocosas y envueltas en papel aluminio estéril y limpio y a su vez colocadas dentro de frascos de vidrios para su posterior transporte. Este componente de investigación esta enfocado en el estudio de líquenes con una amplia distribución en la Antártica. Las muestras de líquenes fueron analizadas (10g de liquen/muestra) para determinar niveles de PFCs, y posteriormente serán analizadas para DDT y pesticidas órganoclorados siguiendo métodos químicos analíticos análogos a los ya descritos arriba para las otras muestras o matrices ambientales colectadas.

2.8 Resultados

Contaminantes Orgánicos:

Las concentraciones de PFCs detectadas en las plumas y heces de petreles gigantes y pingüino Gentoo se encuentran reportados en las Tablas 2 y 3. El ácido perfluoroheptanoico (PFHpA) fue el único compuesto PFC detectado en las plumas con un promedio \pm DS de 3.0 ± 0.68 , rango = 2.20–4.11 ng/g (Tabla 2, Figura 1).

Similarmente, PFHpA fue detectado en aproximadamente 74% de las muestras de heces con un rango de concentraciones de 1.46–25.17 ng/g, mientras que el compuesto PFHxA fue detectado en aproximadamente 63% de las muestras de heces (rango = 2.51–3.45) y PFDS en 84% de las muestras (rango: 4.75–132). El ácido perfluorooctanoico (PFOA) fue detectado en 94% de las muestras, pero en 84% de estas muestras no se pudo cuantificar ($<$ método del límite de cuantificación o MLOQ, ver Tabla 3) debido a la baja concentración presente en las mismas (pico cromatográfico visible, pero no cuantificable).

Interesantemente, todas las muestras de líquenes mostraron concentraciones detectables para el sulfonato de perfluorohexano (PFHxS) con un promedio \pm DS de 0.85 ± 0.50 , rango = 0.30–1.35 ng/g (Tabla 4, Figura 2). De manera similar, el ácido perfluorobutírico (PFBA) y el compuesto PFPeA fueron detectados en casi todas las muestras con rangos de 0.73–3.64 ng/g y 4.11–10.2 ng/g, respectivamente (Tabla 4). En general, las muestras de sedimentos presentaron valores $<$ MLOQ o no detectables (ND), excepto por el compuesto PFTA que fue detectado en el 60% de las muestras de sedimento (rango = 0.36–0.39 ng/g) (Figura 3).

Se detectaron algunos contaminantes perfluoroalquilos en diferentes matrices ambientales colectadas (plumas, heces y líquenes) en la Península Antártica, demostrando la primera evidencia que estos compuestos estan siendo transportados al polo sur. Sin embargo, actualmente las concentraciones son relativamente bajas, representando un bajo grado de contaminación, en comparación a las concentraciones de PFCs detectadas en otras regiones del hemisferio norte (Kannan *et al.*, 2001, Kannan *et al.*, 2002, Keller *et al.*, 2005) y el Ártico (Kannan *et al.*, 2005, Smithwick *et al.*, 2006, Kelly *et al.*, 2009). El uso de plumas y líquenes como indicadores de contaminación global en la Antártida es factible, pero se necesita continuar investigando esta región en el largo plazo para monitorear y explorar tendencias en la variación temporal y espacial de PFCs y otros COPs (p. ej. DDT). Es probable que el continuo uso de estos compuestos en países en desarrollo (Sur América) y el uso de compuestos PFCs aun no regulados en países desarrollados contribuyan a la contaminación de las redes alimenticias de la Antártica en el futuro.

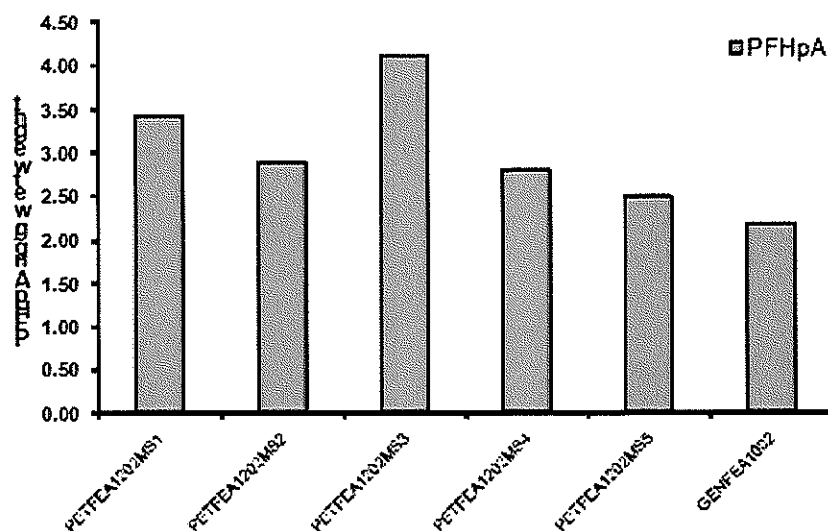


Figura 1. Concentraciones detectadas (> MLOQ) de ácido perfluoroheptanoico (PFHpA) en muestras de petreles gigantes (PETFEA; $n=5$) y pingüino Gentoo (GENFEA; $n=1$).

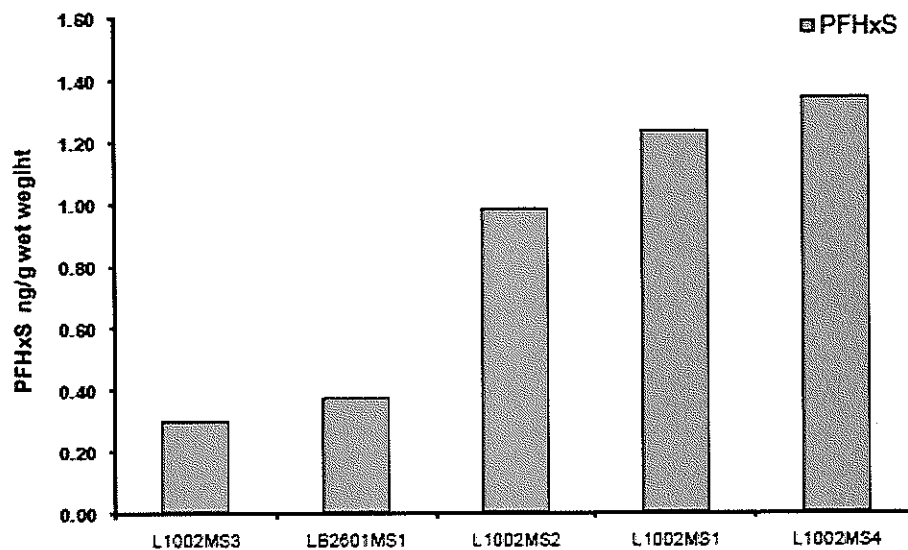


Figura 2. Concentraciones detectadas (> MLOQ) de sulfonato de perfluorohexano (PFHxS) en muestras de líquenes ($n=5$).

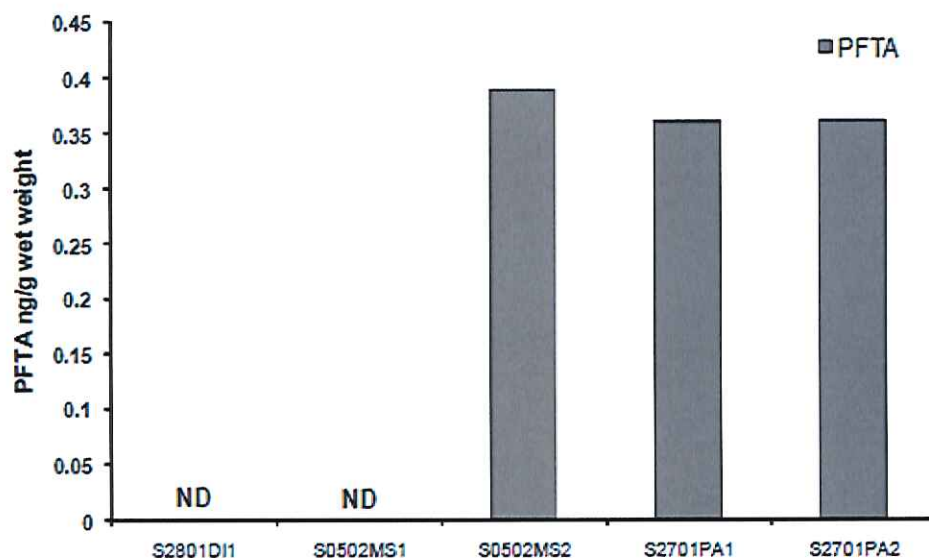


Figura 3. Concentraciones detectadas (> MLOQ) de PFTA en muestras de sedimentos ($n = 5$). ND significa que el compuesto de interés no fue detectado con el método actual usado (no pico visible en el cromatograma).

Tabla 2. Concentraciones de PFCs en muestras de plumas de petrel gigante ($n = 5$) y pingüino gentoo ($n = 1$) en ng/g.

Código Muestra ID	Muestra ID (GB)	PFBA	PFHBA	PFHxA	PFHpA	PFDA	PFMA	PFDA	PFUNA	PFDA	PFTA	PFUS	PFHIS	PFOS	PFOS	PFOSA	PFUEA	FOUEA	FOUEA
PETFEA1202MS1	PETFEA1202MS1-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	3.42	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<MLOQ	<MLOQ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PETFEA1202MS2	PETFEA1202MS2-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	2.88	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PETFEA1202MS3	PETFEA1202MS3-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	4.11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PETFEA1202MS4	PETFEA1202MS4-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	2.81	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<MLOQ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PETFEA1202MS5	PETFEA1202MS5-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	2.46	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<MLOQ	<MLOQ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
GENFEA1052	GENFEA1052-1,2	N.D.	N.D.	N.D.	2.26	N.D.	N.D.	<MLOQ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<MLOQ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Método LOQ	Método LOQ (ng/g) para 0.74 g de muestra	0.81	1.22	1.10	0.67	1.14	0.80	0.82	2.78	1.78	1.50	0.08	0.10	0.50	2.44	1.43	0.84	1.08	4.82

ND significa que el compuesto de interés no fue detectado con el método actual usado (no pico visible en el cromatograma). MLOQ significa que el compuesto de interés es detectable con el método actual, pero no se pudo cuantificar en el mismo debido a la baja concentración en la muestra (hay un pico visible en el cromatograma pero no es cuantificable). Los valores para el método del límite de cuantificación (MLOQ) se encuentran reportados en las celdas grises.

Tabla 3. Concentraciones de PFCs en muestras de heces de petrel gigante ($n=5$) y pinguino gentoo ($n=1$) en ng/g.

Código Muestra ID	Muestra ID (OS)	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDA	PFTA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFUEA	FOUEA	FOUEA
SF2801D10	SF2801D10_Nº.1	N/A	7.82	<MLOQ	<MLOQ	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	2.54	8.36	<MLOQ	N/D	N/D	14.86	56.84	N/D
SF2801D11	SF2801D11_Nº.19	N/A	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
SF2801D13	SF2801D13_Nº.12	N/A	N/D	<MLOQ	10.22	<MLOQ	13.64	N/D	N/D	N/D	N/D	1.28	<MLOQ	<MLOQ	4.76	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC0202M01	GENFEC0202M01_Nº.15	N/A	6.48	9.46	N/D	<MLOQ	7.84	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	106.82	N/D	N/D	84.22	<MLOQ
GENFEC0202M02	GENFEC0202M02_Nº.3	N/A	N/D	6.87	4.46	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	1.21	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC0202M03	GENFEC0202M03_Nº.17	N/A	N/D	4.81	7.83	3.04	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	0.81	2.67	5.68	118.16	N/D	<MLOQ	59.82	6.29
GENFEC0202M02	GENFEC0202M02_Nº.9	N/A	N/D	6.78	3.82	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	11.88	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC0202M03	GENFEC0202M03_Nº.6	N/A	N/D	<MLOQ	3.41	<MLOQ	N/A	N/D	N/D	N/D	N/D	1.24	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC0202M04	GENFEC0202M04_Nº.16	N/A	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/A	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC0202M05	GENFEC0202M05_Nº.18	N/A	16.61	8.88	14.84	5.11	11.28	N/D	N/D	N/D	N/D	2.44	7.22	4.67	181.88	N/D	<MLOQ	35.45	4.81
GENFEC3101B11	GENFEC3101B11_Nº.4	N/A	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B12	GENFEC3101B12_Nº.5	N/A	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	8.64	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B13	GENFEC3101B13_Nº.15	N/A	N/D	N/D	25.17	<MLOQ	6.97	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B14	GENFEC3101B14_Nº.7	N/A	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	8.86	N/D	N/D	N/D	N/D	1.36	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B15	GENFEC3101B15_Nº.14	N/A	N/D	N/D	1.46	<MLOQ	9.86	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	24.66	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B16	GENFEC3101B16_Nº.13	N/A	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
GENFEC3101B17	GENFEC3101B17_Nº.11	N/A	16.61	<MLOQ	5.68	<MLOQ	N/A	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	118.77	N/D	N/D	34.28	<MLOQ	<MLOQ
GENFEC2001M01	GENFEC2001M01_Nº.2	N/A	9.88	<MLOQ	20.88	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	76.92	N/D	N/D	38.91	<MLOQ
GENFEC2001M02	GENFEC2001M02_Nº.6	N/A	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	1.48	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Método LOQ	Método LOQ (ng/g) para 2 g de muestra	2.16	6.88	2.61	3.26	3.58	4.94	2.60	4.91	7.19	10.88	0.92	0.46	0.88	1.42	N/D	2.96	1.66	4.78

ND significa que el compuesto de interés no fue detectado con el método actual usado (no pico visible en el cromatograma).
MLOQ significa que el compuesto de interés es detectable con el método actual, pero no se pudo cuantificar en el mismo debido a la baja concentración en la muestra (hay un pico visible en el cromatograma pero no es cuantificable). Los valores para el método del límite de cuantificación (MLOQ) se encuentran reportados en las celdas grises.

Tabla 4. Concentraciones de PFCs en muestras de líquenes en ng/g.

Código Muestra ID	Muestra ID (OS)	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDA	PFTA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFUEA	FOUEA	FOUEA
L1002M01	L1002M01-1,2	3.64	8.17	N/D	6.08	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	1.24	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D
L1002M02	L1002M02-1,2	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	0.99	N/D	0.32	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D
L1002M03	L1002M03-1,2	1.28	10.16	N/D	2.55	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	0.30	<MLOQ	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D
L1002M04	L1002M04-1,2	2.65	9.40	1.35	1.65	0.03	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	1.35	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	<MLOQ
LB2601M01	LB2601M01-1,2	1.96	<MLOQ	3.21	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	0.35	<MLOQ	0.19	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ
Método LOQ	Método LOQ (ng/g) para 2 g de muestra	0.73	4.11	3.53	0.77	3.54	1.54	0.61	0.78	0.22	0.67	0.09	0.18	0.76	0.12	0.78	0.19	0.66	0.31

ND significa que el compuesto de interés no fue detectado con el método actual usado (no pico visible en el cromatograma).
MLOQ significa que el compuesto de interés es detectable con el método actual, pero no se pudo cuantificar en el mismo debido a la baja concentración en la muestra (hay un pico visible en el cromatograma pero no es cuantificable). Los valores para el método del límite de cuantificación (MLOQ) se encuentran reportados en las celdas grises.

Tabla 5. Concentración de PFCs muestras de sedimentos en ng/g.

Código Muestra ID	Muestra ID (OS)	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDA	PFTA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFUEA	FOUEA	FOUEA
Control	Control-1,2	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	0.3719	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ
02801D11	02801D11-1,2	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ
00602M01	00602M01-1,2	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ
00602M02	00602M02-1,2	N/D	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	6.8867	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ
02701PA1	02701PA1-1,2	<MLOQ	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	0.3602	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	N/D	<MLOQ
02701PA2	02701PA2-1,2	N/D	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ	N/D	<MLOQ	<MLOQ	<MLOQ	0.3616	N/D	N/D	N/D	<MLOQ	<MLOQ	N/D	N/D	<MLOQ
Método LOQ	Método LOQ (ng/g) para 10 g de muestra	2.64	4.34	1.76	0.66	2.34	1.23	0.40	0.17	0.28	0.26	0.12	0.26	0.88	0.16	0.32	0.26	0.27	0.26

ND significa que el compuesto de interés no fue detectado con el método actual usado (no pico visible en el cromatograma).
MLOQ significa que el compuesto de interés es detectable con el método actual, pero no se pudo cuantificar en el mismo debido a la baja concentración en la muestra (hay un pico visible en el cromatograma pero no es cuantificable). Los valores para el método del límite de cuantificación (MLOQ) se encuentran reportados en las celdas grises.

Materia Orgánica (M.O.):

El promedio general de porcentaje de materia orgánica de muestras de sedimento para el 2012 fue de 4.15% en la Isla Barrientos, de 2.71% en la Ensenada Guayaquil y de 2.31% en la Bahía Chile.

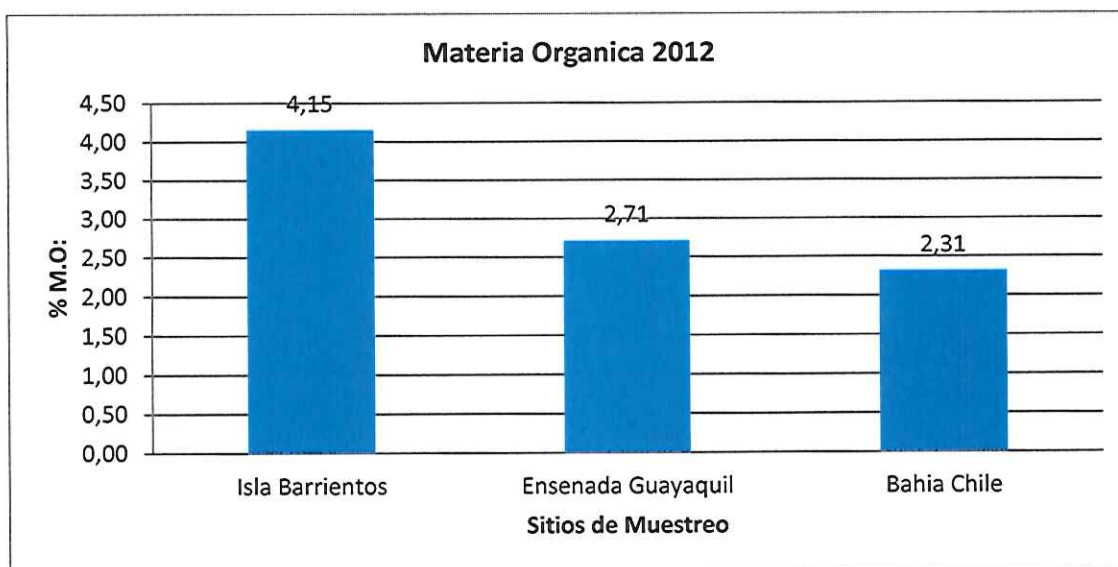


Fig.4. Muestras de Sedimento, M.O. expresada en porcentajes; Las barras representan valores promedio, para Isla Barrientos n=7 para Ensenada Guayaquil n= 6 y para Bahía Chile n=6

Mercurio en Aves

Los valores de Mercurio en aves obtenidos hasta el momento son datos preliminares ya que todavía están en procesamiento las muestras, debido a que el Analizador de Mercurio fue instalado y calibrado en octubre del 2012. Las plumas de aves analizadas hasta la fecha corresponden a aves antárticas; Skua (*Catharacta lonnbergi*) que está en el tope de la cadena alimenticia y el pingüino Gentoo (*Pygoscelis papua*) que está ubicado en un puesto intermedio de la cadena alimenticia.

Para las plumas de Skua estudiadas en el año 2011 tuvieron una concentración de mercurio en promedio de $6,70 \pm 1,06$ y para el 2012 fue de $3,74 \pm 0,25$. Para las plumas de pingüino estudiadas en el año 2011 tuvieron una concentración de mercurio en promedio de $0,84 \pm 0,13$ y para el año 2012 fue de $1,63 \pm 0,68$

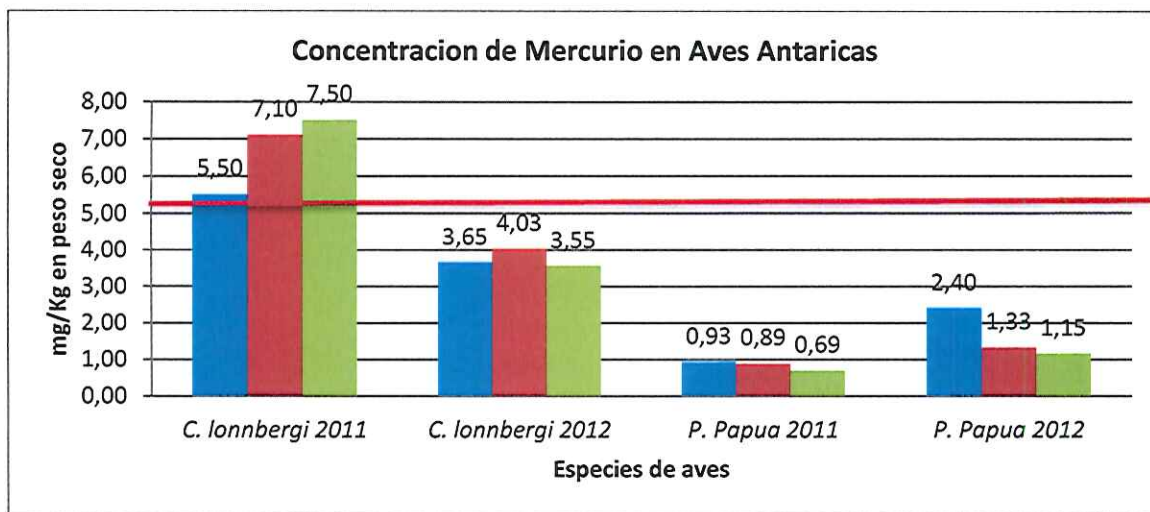


Fig.5 Se estableci3 que la concentraci3n de 5mg/Kg de mercurio en plumas como peligrosa Eisler (2006)

Parámetros físicos del agua superficial de la Isla Greenwich

Temperatura

El promedio de la temperatura superficial del agua en los alrededores de la Isla Greenwich para el año 2012 fue de $3,12^{\circ}\text{C} \pm 0,86$ para el año 2011 fue de $2,64^{\circ}\text{C} \pm 0,87$ y para el año 2009 fue de $4,35^{\circ}\text{C} \pm 2,40$.

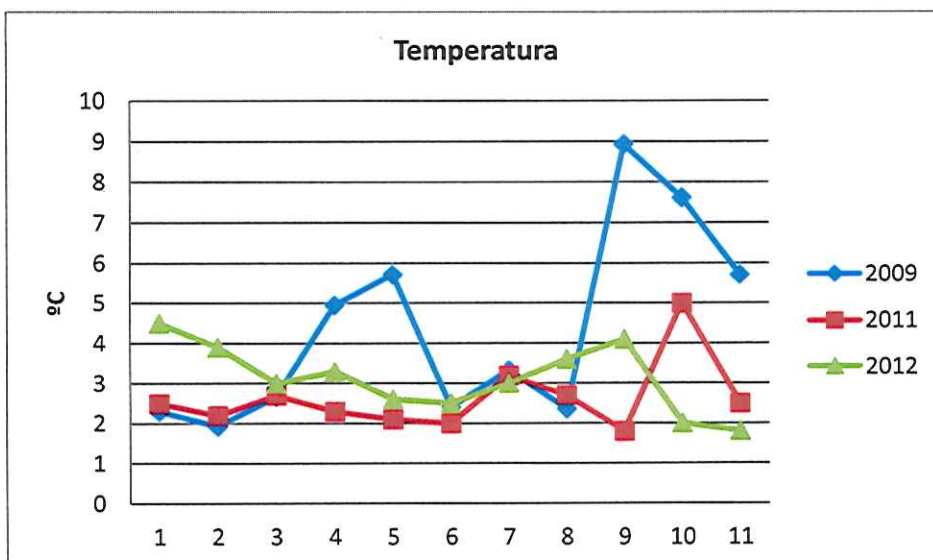


Fig.6 Datos de Temperatura en 11 estaciones representando los alrededores de la Estaci3n Maldonado; expresado en ° Centígrados

Oxigeno Disuelto

El promedio de Oxigeno Disuelto para el agua superficial de los alrededores de la Isla Greenwich para el año 2012 fue de: $14,02 \text{ mg/l} \pm 0,82$ y el promedio para el año 2011 fue de $14,44 \text{ mg/l} \pm 1,71$. Todos estos datos indican sobresaturación del oxígeno disuelto en el agua marina debido a sus bajas temperaturas, resultados similares fueron registrados en el año 2009.

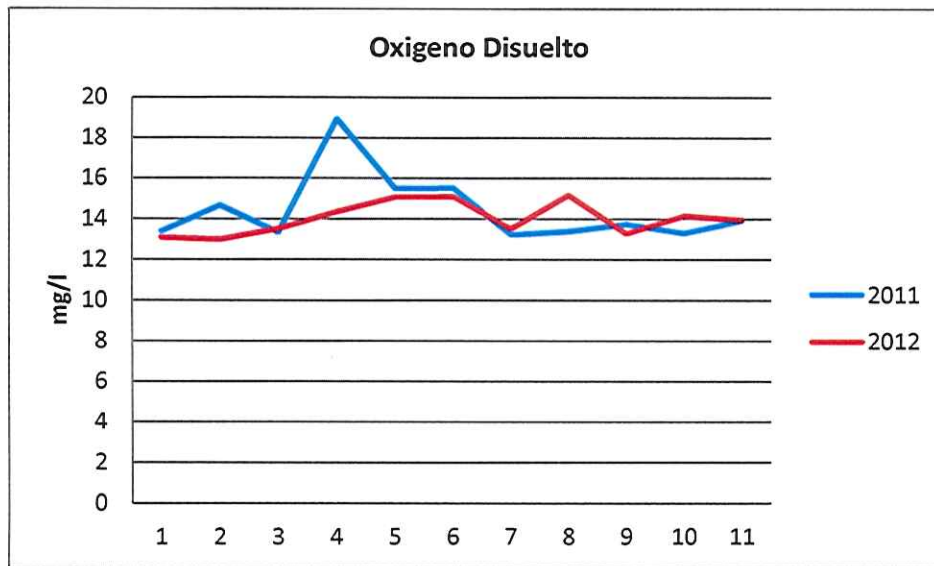


Fig. 7 Datos de Oxigeno Disuelto en 11 estaciones representando los alrededores de la Estación Maldonado; expresados en mg/l: miligramos por litro.

Salinidad

El promedio de la salinidad para el agua superficial de los alrededores de la Isla Greenwich para el año 2012 fue de $24,77 \text{ ups} \pm 1,48$ y para el año 2009 fue de $30,47 \text{ ups} \pm 2,23$.

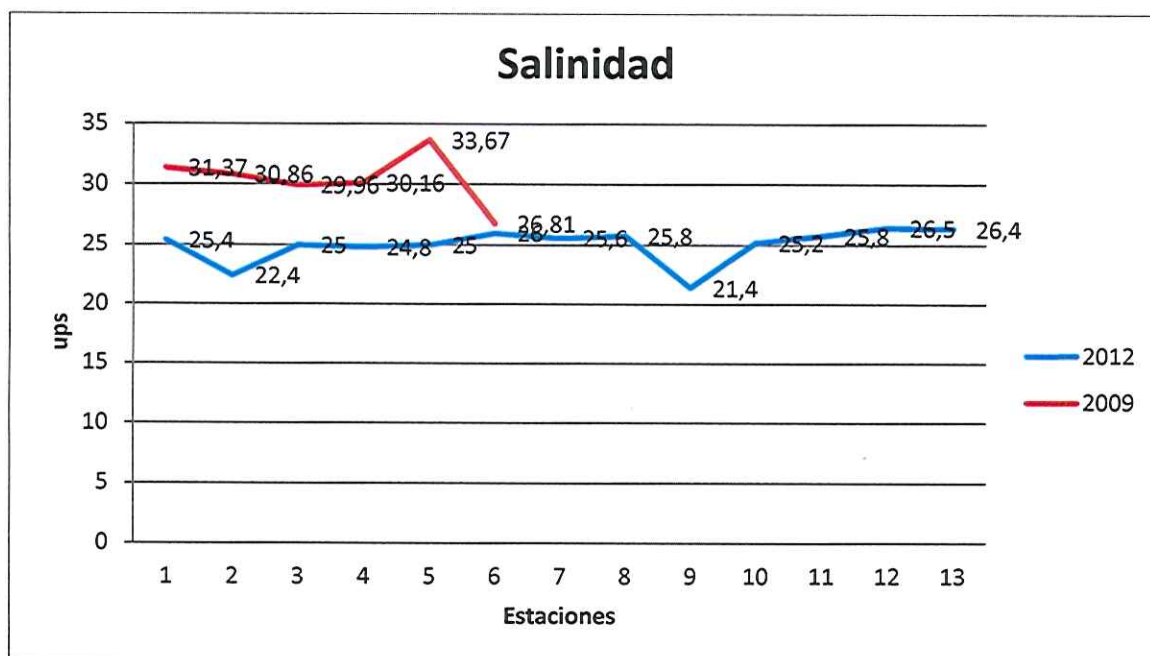


Fig 8. Datos de Salinidad de las estaciones alrededores de la Estación Maldonado expresados en ups Unidades Practicas de Salinidad.

Parámetros de calidad de agua año 2012

Los parámetros analizados del agua superficial de los alrededores de la Isla Greenwich en el 2012 fueron Nitrito, Nitrato, Fosfatos, Amoniaco pH y Nitrógeno Inorgánico Total, dichos análisis fueron realizados en el Laboratorio de la Estación Maldonado bajo la

BAHIA CHILE

ESTACIONES	NITRITO mg/l	NITRATO mg/l	FOSFATO mg/l	AMONIACO mg/l	pH	N INORGANICO mg/l
1	0,007	0,11	0,40	0,06	7,94	0,026878
2	0,011	0,06	0,59	0,02	8,18	0,016844
3	0,012	0,02	0,23	0,04	8,08	0,008148
4	0,08	0,08	0,32	DEBAJO DEL LIM	7,73	0,04232
5	0,07	0,09	0,25	DEBAJO DEL LIM	7,74	0,04153
6	0,05	0,06	0,014	DEBAJO DEL LIM	7,74	0,02949

metodología Hach para cada uno de dichos parámetros. Se recolectaron muestras en botellas plásticas de color ámbar y se procedía a realizar los análisis el mismo día de la colección.

Tabla.6.Calidad de Agua en la Bahía Chile; mg/l= miligramos por litro

ENSENADA GUAYAQUIL						
ESTACIONES	NITRITO mg/l	NITRATO mg/l	FOSFATO mg/l	AMONIACO mg/l	Ph	N INORGANICO mg/l
1	0,006	0,03	0,29	0,08	8,25	0,008574
2	menor a 0,002	menor a 0,01	1,33	0,45	8,22	0,000
3	menor a 0,003	0,02	0,20	0,2	8,24	0,0045
4	menor a 0,002	0,005	0,64	0,02	7,86	0,016829
5	menor a 0,003	0,07	0,36	0,07	8,11	0,069954
6	menor a 0,004	0,06	0,82	0,02	7,89	0,029204

Tabla.7. Calidad de Agua en la Bahía Chile; mg/l= miligramos por litro

2.10 Recomendaciones

Las muestras están preservadas para ser analizadas y determinar el contenido de proteínas y lípidos, de tal manera que las concentraciones de PFCs puedan ser normalizados a el contenido de proteína. Están pendiente los análisis de DDT y pesticidas órganoclorados los cuales serán usados como compuestos estándares debido a que son bien conocidos por su comportamiento bioacumulativo en redes tróficas, o como punto de referencias para estudiar y entender la bioacumulación de PFCs. DDT y los pesticidas órganoclorados serán ajustados al contenido de lípidos (concentraciones normalizadas de contaminantes significan que las mismas son divididas para los contenidos o fracciones de proteína y lípidos, respectivamente).

Con el fin de explorar posibilidades y la capacidad para establecer un programa de monitoreo costo-efectivo de contaminación ambiental en el largo plazo para la biota marina y vida silvestre en la Antártida, se validará el uso de plumas y líquenes. En otras palabras las plumas y material fecal de aves marinas colectados en sitios o colonias de anidación son equivalentes a matrices ambientales usadas como monitores biológico-ambientales de contaminación como ya se ha descrito anteriormente. Para evaluar el uso de técnicas no invasivas con el fin de monitorear concentraciones de contaminantes orgánicos en la red trófica marina de la Antártica, las concentraciones medidas en las matrices ambientales mencionadas serán usadas para este propósito. De esta manera se puede investigar la relación entre las concentraciones detectadas en las plumas y material fecal con el fin

de investigar la factibilidad de uso de plumas como monitores biológicos ambientales de exposición interna a PFCs, DDT, pesticidas órganoclorados y mercurio.

2.11 Bibliografía

- ATSDR, 2009. Resumen de Salud Pública: Perfluoroalquilos (*Perfluoroalkyls*). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology and Environmental Medicine. Atlanta, GA. http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs200.html
- Ikonomou MG, Fraser TL, Crewe NF, Fischer MB, Rogers IH, He T, Sather PJ, Lamb RF. 2001. A Comprehensive Multiresidue Ultra-Trace Analytical Method , Based on HRGC/HRMS, for the Determination of PCDDs, PCDFs, PCBs, PBDEs, PCDEs, and Organohalogen Pesticides in Six Different Environmental Matrices. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2389: 1-95.

- Kannan K., Yun S. H. & Evans T. J. 2005. Chlorinated, Brominated, and Perfluorinated Contaminants in Livers of Polar Bears from Alaska. *Environmental Science and Technology* 39: 9057-9063.
- Keller J. M., Kannan K., Taniyasu S., Yamashita N., Day R. D., Arendt M. D., Segars, A. L. & Kucklick J. R. 2005. Perfluorinated Compounds in the Plasma of Loggerhead and Kemp's Ridley Sea Turtles from the Southeastern Coast of the United States. *Environmental Science and Technology* 39:9101--9108.
- Kelly B.C. & Gobas F.A.P.C. 2001. Bioaccumulation of Persistent Organic Pollutants in Lichen-Caribou-Wolf Food chains of Canada's Central and Western Arctic. *Environmental Science and Technology* 35: 325-334.
- Kelly B.C. & Gobas F.A.P.C. 2003. An arctic terrestrial food-chain bioaccumulation model for Persistent Organic Pollutants. *Environmental Science and Technology* 37: 2966-2974.
- Kelly, B.C., M. G. Ikononou, J. D. Blair, F.A.P.C. Gobas. 2008. Bioaccumulation behaviour of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a Canadian Arctic marine food web. *Science of the Total Environment* 401: 60-72.
- Ministerio del Ambiente; ESPOL & ICQ. 2004. Inventario de Plaguicidas COPs en el Ecuador. Informe Técnico Final. Proyecto GEF/2732-02-4456. Global Environmental Facility (GEF), Ministerio del ambiente del Ecuador, Programa Nacional Integrado para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas.
- Ministerio del Ambiente. 2006. Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Ecuador. GEF/2732-02-4456. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs). Ministerio del ambiente del Ecuador, PNUMA, Global Environmental Facility (GEF).
- Plumb Jr, R.H. 1981. Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples. Technical report EPA/CE-81-1. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency/Corps of Engineers Technical Committee on Criteria for Dredged and Filled Material. Published by Environmental Laboratory, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Smithwick M., Norstrom R. J., Mabury S. A., Solomon K., Evans T. J., Stirling I., Taylor M. K., & Muir D. C. G. 2006. Temporal Trends of Perfluoroalkyl Contaminants in Polar Bears (*Ursus maritimus*) from Two Locations in the North American Arctic, 1972-2002. *Environmental Science and Technology* 40:1139-1143.
- United Nations Environment Program (UNEP). 2001. Final Act of the Conference of Plenipotentiaries on The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Stockholm, Sweden, 22 to 23 May 2001. UNEP, Geneva, Switzerland.
- Plumb Jr, R.H. 1981. Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples. Technical report EPA/CE-81-1. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency/Corps of Engineers Technical Committee on Criteria for Dredged and Filled Material. Published by Environmental Laboratory, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Esler, R. 2006 Mercury: Hazard to living organisms. CRC Press, Taylor y Francis Group USA.
- Burger, J y Gochfeld. 1997 Risk Mercury levels, and Birds: Relating adverse Laboratory effects to field biomonitoring. *Environmental Research*
- Smithwick M., Norstrom R. J., Mabury S. A., Solomon K., Evans T. J., Stirling I., Taylor M. K., & Muir D. C. G. 2006. Temporal Trends of Perfluoroalkyl Contaminants in Polar Bears (*Ursus maritimus*) from Two Locations in the North American Arctic, 1972-2002. *Environmental Science and Technology* 40:1139-1143.

- United Nations Environment Program (UNEP). 2001. Final Act of the Conference of Plenipotentiaries on The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Stockholm, Sweden, 22 to 23 May 2001. UNEP, Geneva, Switzerland.

3. ANEXOS



Figura A-1. Estación Ecuatoriana "Pedro Vicente Maldonado" en la Península Antártica (Foto: Frank Gobas, 2009)



Figura A-2. Petrel gigante sureño, *Macronectes giganteus* (Fotos: Frank Gobas, 2009)



Figura A-3. Pingüino Gentoo, *Pygoscelis papua* (Fotos: Frank Gobas, 2009)

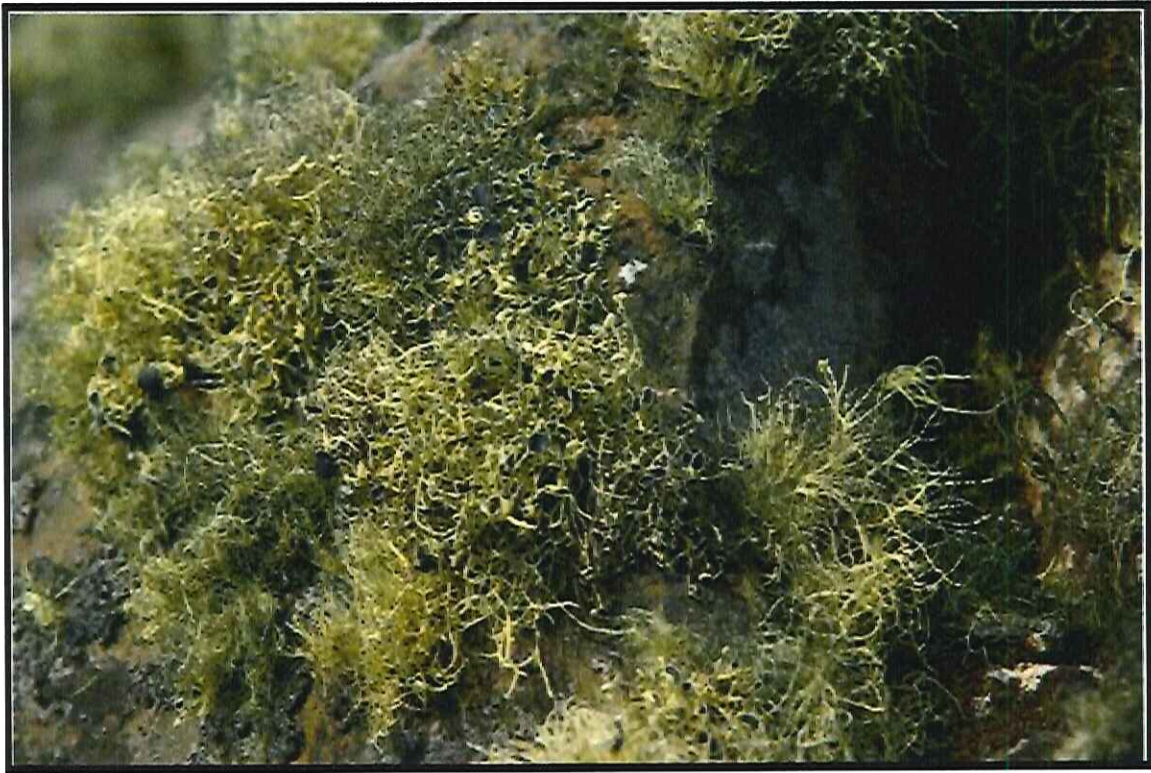


Figura A-4. Líquen Antártico (Foto: Frank Gobas, 2009)



Figura A-5 Trabajos en el laboratorio de la Estación Maldonado (Foto: Omar Alvarado, 2012)



Figura.A-6 Recolección de Muestras de Sedimento en la Bahía Chile (Foto: OmarAlvarado, 2012)

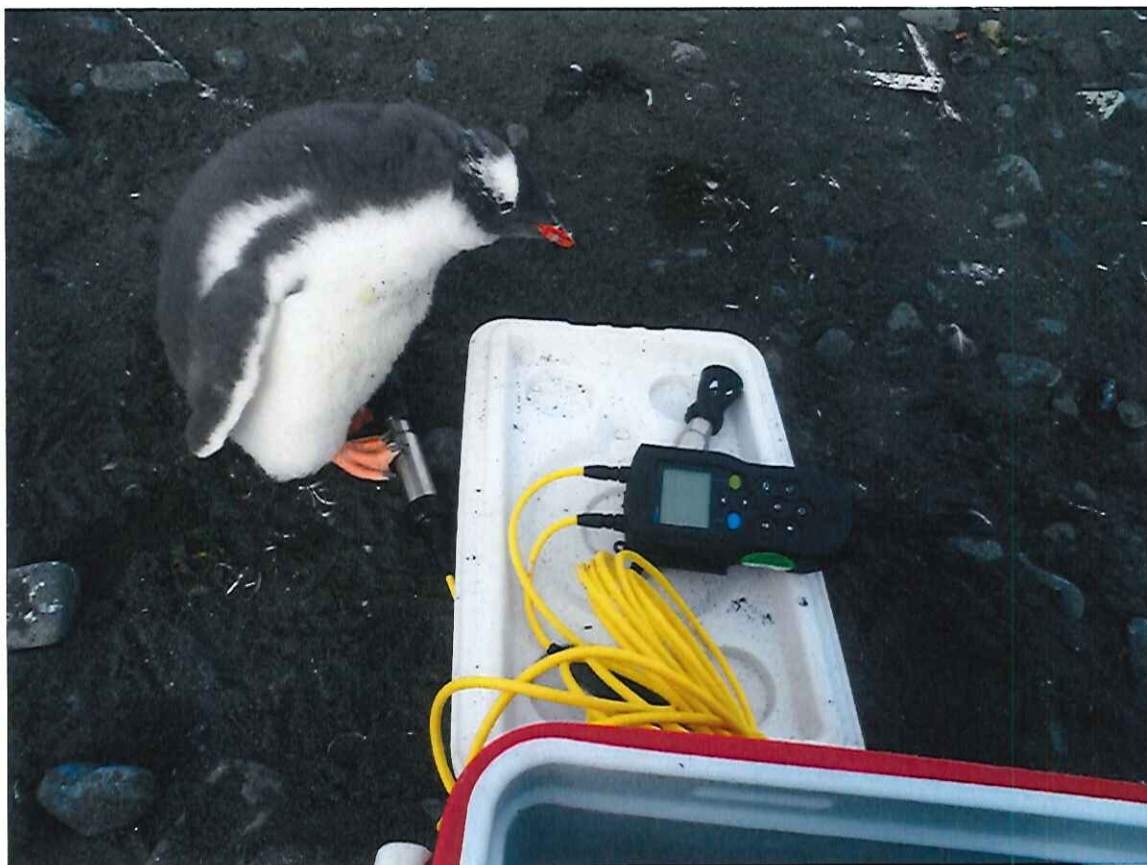


Figura A-7 Asistente Autóctono, Pingüino Gentoo, en la colección de parámetros ambientales
(Foto: Omar Alvarado, 2012)

4. IMPACTO DEL PROYECTO

4.1 Aplicación de la investigación desarrollada a la solución de los problemas del país.

Esta investigación finalizará en una línea base ambiental de diferentes contaminantes ambientales en diferentes matrices ambientales, lo que permitirá tomar medidas protectivas y correctivas si fuera el caso.

4.2 Transferencia del conocimiento o de la tecnología aplicada a partir de la investigación efectuada durante el periodo que se informa

.....
.....

4.3 Artículos científicos (Papers) generados durante el período que se informa

- Alava, J. J., Gobas, F. A. P. C., Riofrío, M. y Olmedo, J. 2009. Proyecto para el estudio de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y Mercurio en la red trófica de la Antártida. En Chavarría-Viteri J., y Riofrío (eds.), M. Resumen, Memorias del V Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas y II Simposio Ecuatoriano de Ciencia Polar. 28 de Agosto – 4 de Septiembre. La Libertad-Salinas-Guayaquil, Ecuador
- Monserrate. L, Medina.JF y Calle.P. 2009. Caracterización de las Condiciones Físico y Químicas del Sedimento de la Isla Greenwich - Antártica. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. ESPOL. Guayaquil. Expuesto en el V Simposio Latinoamericano sobre Ciencias Antárticas y II Simposio Ecuatoriano de Ciencias Polar en la ciudad de Santa Elena - Ecuador. Resumen de memorias. 28 de Agosto – 4 de Septiembre.

INTRODUCCIÓN

The Greenwich Island is located at the south of the Shetland Archipelago (62° 27'S; 59° 42'W) in the Antarctic Continent. This region has been considered one of the few pristine places of the world [1]; therefore, it is of particular importance to preserve its resources and unique environment. The ongoing global warming the planet is experiencing and the anthropogenic activities occurring all over the world are rapidly affecting this fragile region. Through the scientific expedition program of the Ecuadorian Antarctic Institute (INAE), new research is being conducted to assess abiotic variables, biotic components and environmental stressors, including pollutants and climate change, in the Antarctic Peninsula. The present work was done during the XIII, XV and XVI expeditions to the Ecuadorian scientific station at the Antarctic Peninsula.

Objetivos:

- To determine the environmental conditions and sediment characterization of the Greenwich Island during the Antarctic summer of 2009, 2011 and 2012;
- To determine levels of mercury in sediment and soil samples of the Greenwich Island; and
- assessment of mercury accumulation in feathers of Antarctic seabirds, including southern giant petrels (*Macronectes giganteus*), and penguins (*Pygoscelis antarctica*, *P. papua*; *P. adeliae*).

MATERIALS AND METHODS

Study site: Punta Fort Williams

- 33 sampling points during summer 2008 (a)
- 9 zones of línea costera (verano 2008) (b)

Los parámetros físicos de calidad de agua fueron medidos con el equipo YSI 556 (c)

- Temperatura, salinidad, pH, conductividad y sólidos disueltos totales

La caracterización de la textura del suelo se realizó mediante el método de la pipeta modificado por Plumb (1981). (d)

[2]

Se realizó el análisis de concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cu, Zn) en muestras de sedimento con el equipo de Absorción Atómica. (e)



(a) Verano 2008

(b) Verano 2009



(c) Parámetros físicos de calidad del agua



(d) Textura física del suelo



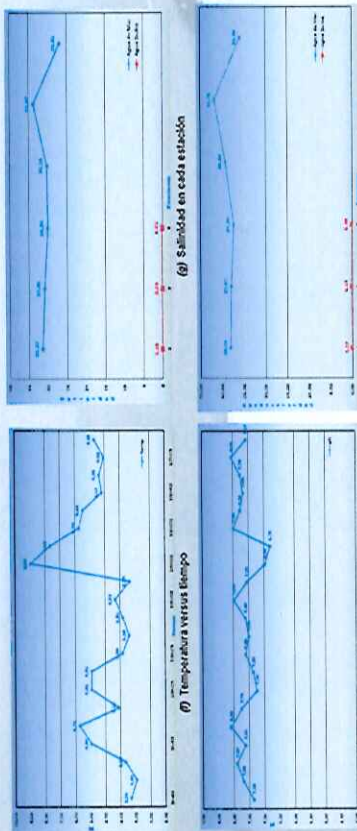
(e) Futuro análisis de metales pesados en suelo

BIBLIOGRAFÍA

- Torres, G. Placencia, C. "Medias Preliminares sobre aguas de Nueva" en Punta Fort Williams (Isla Greenwich - Antártica). Enero 2004. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 19, N. 1, Ecuador, 2006, pp. 161-164.
- Puerto Rico. "Testing and chemical analysis of sediment and water samples. Technical Report EPA/600/4-81/1. Prepared for the U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS (1981).
- Torres, G. et al. "Interacción del Fitoplancton y Zooplancton y sus Condiciones Oceanográficas durante el verano Austral 2004 Punta Fort Williams (Isla Greenwich - Antártica). Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 9, N. 1 Ecuador, 2006, pp. 153-160.

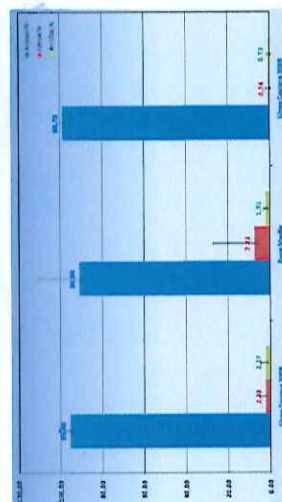
RESULTADOS

- El rango de temperatura varió de 1.62 a 8.94°C. (f)
- La salinidad osciló entre 20 y 34ppt (agua de mar), y entre 0.01 y 0.05ppt (agua dulce). (g)
- El pH estuvo entre 6.79 y 8.72 en todas las estaciones. (h)
- La Conductividad estuvo entre 25 a 32ms/cm (agua de mar) y entre 0.07 a 0.15ms/cm (agua dulce) (i)



Los resultados del análisis de textura del suelo de la Punta Fort Williams indican que:

- La línea costera (verano 2008) posee un promedio de 95.40 ±5.23% de arenas, 2.33 ±2.88% limos y 2.27 ±2.38% arcillas.
- En la zona media (verano 2008): 90.86 ±19.44% de arenas, 7.22 ±19.77% limos y 1.91 ±1.03% arcillas;
- La línea costera (verano 2009), el sedimento se caracterizó por poseer 98.73 ±1.50% arenas, 0.54±1.20% limos y 0.73 ±0.45% arcillas. (j)



(j) Textura física del suelo

DISCUSIÓN

- La temperatura observada (1.62 – 8.94) es superior a la registrada por Torres et al. [3]
- Las variaciones de salinidad observadas en algunas estaciones (2.36 y 9) se debieron a las aportaciones directas de agua dulce por el deshielo del glaciar.
- Análisis posteriores de metales trazas determinarán la relación existente entre la textura de suelo con la capacidad de retención de contaminantes inorgánicos en la isla.

CONCLUSIONES

Es necesario continuar con monitoreos anuales de los parámetros ambientales, condiciones físico y químicas, para determinar cambios en las condiciones climáticas, como la temperatura y degradación ambiental en la Isla Greenwich.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE) por patrocinar el presente estudio; a las señoras: Alejandra Ibarra por el apoyo en el proceso de las muestras y Nada Ordóñez por la colección de las muestras del 2008; y a la FIMC-ESPOL.



Caracterización de las Condiciones Físico y Químicas del sedimento de la Isla Greenwich - Antártica

Monserate, L¹, Medina, J.F. ¹ y Calle, P.¹

¹ Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 vía Perimetral. belomoma2004@yahoo.com.es

INTRODUCCIÓN

La Antártica es considerada como una de las últimas regiones prístinas del planeta por lo que existe la necesidad de preservar sus recursos y su ambiente natural. Las características físicas del sedimento, específicamente sus constituyentes de arenas, limos y arcillas están relacionados con la distribución de las comunidades bentónicas y de contaminantes orgánicos e inorgánicos que por diversas vías pueden llegar al continente Antártico. El presente trabajo se realizó en las XII y XIII expediciones científicas del Ecuador a la Antártica.

Objetivo:

➤ Establecer una línea base de la textura del sedimento y contaminantes inorgánicos de la Punta Fort Williams de la Isla Greenwich en los veranos antárticos 2008 y 2009.

MATERIALES y MÉTODOS

Área de Estudio: Punta Fort Williams

- 33 zonas de línea costera y línea media (verano 2008) [a]
- 9 zonas de línea costera (verano 2009) [b]

Los parámetros físicos de calidad de agua fueron medidos con el equipo YSI 556

- Temperatura, salinidad, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (TDS) [c]

La caracterización de la textura del suelo se realizó mediante el método de la pipeta modificado por Plumb (1981). [d] [1]

Se realizará el análisis de concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cu, Zn) en muestras de sedimento con el equipo de Absorción Atómica. [e]

Las muestras fueron colectadas manualmente, refrigeradas y transportadas al Laboratorio de Ecotoxicología de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



[a] Verano 2008



[b] Verano 2009



[c] Parámetros físicos de calidad del agua



[d] Textura física del suelo



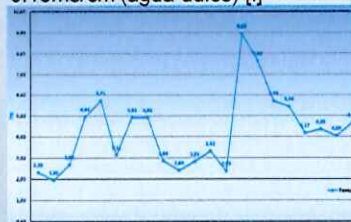
[e] Futuro análisis de metales pesados en suelo

BIBLIOGRAFÍA

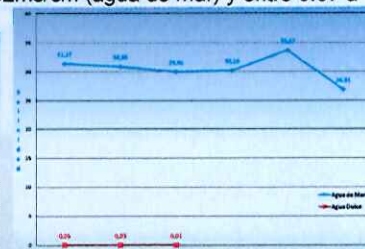
- [1] Plumb Jr. R.H. Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples. Technical Report EPA/CE-81-1. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency/Corps of Engineers Technical Committee on Criteria for Dredged and Filled Material. Published by Environmental Laboratory, U.S. Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, M.S. (1981).
- [2] Torres, G., et al. "Interacción del Fitoplancton y Zooplancton y sus Condiciones Oceanográficas durante el verano Austral 2004 Punta Fort Williams (Isla Greenwich - Antártica). Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 9, N. 1 Ecuador, 2006, pp. 153-160.
- [3] Torres, G., Palacios, C., "Notas Preliminar sobre algas de Nieve" en Punta Fort Williams (Isla Greenwich - Antártica). Enero 2004. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 19, N. 1 Ecuador, 2006, pp.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

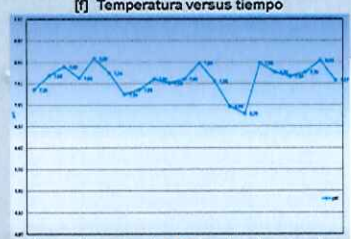
- El rango de temperatura varió de 1.62 a 8.94°C. [f]
- La salinidad osciló entre 20 y 34ppt (agua de mar), y entre 0.01 y 0.05ppt (agua dulce). [g]
- El pH estuvo entre 6.79 y 8.72 en todas las estaciones.[h]
- La Conductividad estuvo entre 25 a 32ms/cm (agua de mar) y entre 0.07 a 0.15ms/cm (agua dulce) [i]



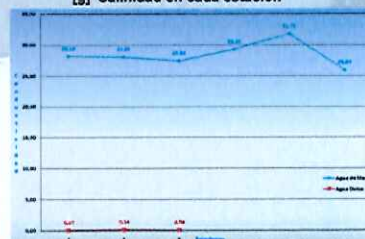
[f] Temperatura versus tiempo



[g] Salinidad en cada estación



[h] pH en cada estación



[i] Conductividad en cada estación

Los resultados del análisis de textura del suelo de la Punta Fort Williams indican que:

- * La línea costera (verano 2008) posee un promedio de 95.40 ±5.23% de arenas, 2.33 ±2.88% limos y 2.27 ±2.38% arcillas.
- * En la zona media (verano 2008): 90.86 ±19.44% de arenas, 7.22 ±19.77% limos y 1.91 ±1.03% arcillas;
- * La línea costera (verano 2009), el sedimento se caracterizó por poseer 98.73 ±1.50% arenas, 0.54 ±1.20% limos y 0.73 ±0.45% arcillas. [j]

✓ La media del valor de temperatura 3.97 demuestran un incremento según reportes Cornejo, 1990; Valencia, 1998; Torres 2006. [2].

✓ La salinidad se mantiene constante en ciertas estaciones, según autores citados [2]; las bajas salinidades se deben a estaciones con aporte de agua dulce por riachuelos.

✓ El mayor aporte de limos y arcillas en la Zona media es provenientes de los deshielos y lagunas de la Isla.

✓ El laboratorio se encuentra en proceso de remodelación e implementación de equipos (espectrómetro de absorción atómica). Los análisis posteriores de metales trazas determinarán la relación existente entre la textura de suelo con la capacidad de retención de contaminantes inorgánicos en la isla.

CONCLUSIONES

Es necesario continuar con monitoreos anuales de los parámetros ambientales, condiciones físico y químicas, para determinar cambios en las condiciones climáticas, como la temperatura y degradación ambiental en la Isla Greenwich, considerada por la comunidad científica como un sitio de interés estratégico para la conservación del continente Antártico [3].

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE) por patrocinar el presente estudio; a las señoritas: Nadia Ordóñez por la colección de las muestras del 2008, Alejandra Alarcón por el apoyo de las muestras y a la FIMCM-ESPOL.

Anexos

Como ha sido mencionado en diferentes secciones del presente informe no se ha podido procesar todos los análisis de muestras colectadas en las expediciones antárticas 2011 y 2012 debido principalmente a los siguientes contratiempos:

1. Dificultad en la obtención de los permisos respectivos de Exportación debido a que la Dirección de Ambiente no contestó oportunamente y negó posteriormente dichos permisos alegando que ya se habían realizado las expediciones (se adjunta documentos de respaldo).
2. Retrasos en las adecuaciones de laboratorio para la instalación de equipos usados en el análisis de muestras del proyecto
3. Demoras en la Instalacion y calibración del Analizador de Mercurio DMA-80, estando operativo a finales de octubre del 2012.

Recomendaciones:

1. Se está enviando una nueva solicitud de investigación y exportación de muestras previa a esta expedición para no tener dificultad con la Direccion de Ambiente, y se enviara todas las muestras del 2011 y 2012 en conjunto para su análisis.