



Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura



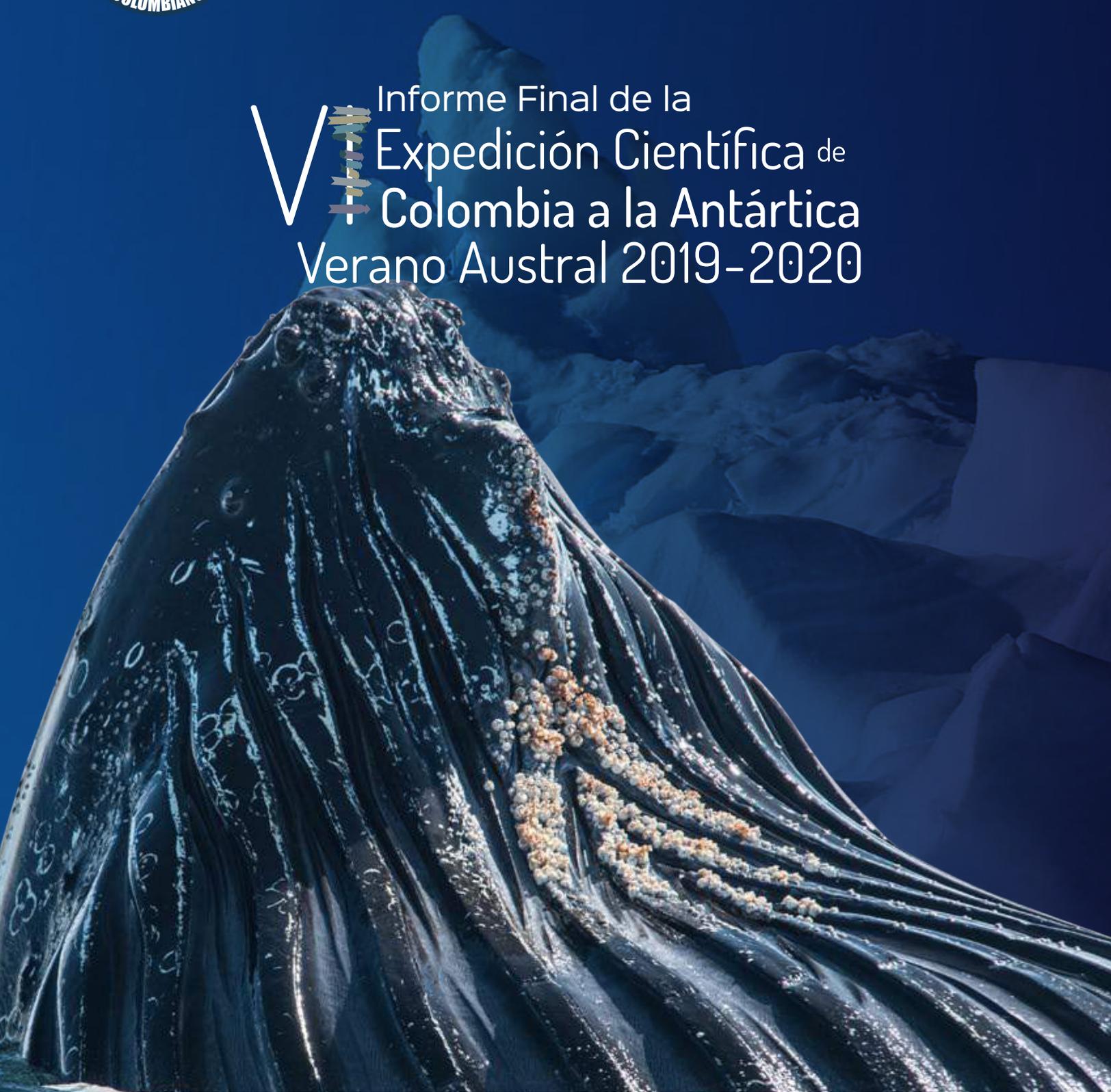
Comisión Oceanográfica Intergubernamental



2021 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2030

<http://oceandecade.org>

Informe Final de la Expedición Científica de Colombia a la Antártica Verano Austral 2019-2020



El futuro es de todos

Vicepresidencia



COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCEANO



ARMADA DE COLOMBIA



Ministerio de Defensa Nacional

Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana

Informe Final de la Expedición Científica de Colombia a la Antártica Verano Austral 2019-2020

Documento elaborado por:

Capitán de Navío
Juan Camilo Forero Hauzeur
Director Programa Antártico Colombiano

Teniente de Navío
Julián Orlando Quintero Ibáñez
Coordinador Científico de la VI Expedición Científica
de Colombia a la Antártica, Verano Austral 2019-2020

Teniente de Fragata
Danna Rodríguez Saldaña
Jefe Asuntos Internacionales y Políticos

Laura Rubio Tamayo
Asesora en Asuntos Antárticos

Diseñado y diagramado por:

Viviana María Torres Henao
Asesora en Diseño Gráfico

Con los aportes y cooperación de:



Tabla de Contenido

Escalafones	7
Listado de Siglas y Acrónimos	8
Resumen	9
1. Introducción.....	12
2. Antecedentes	15
2. 1. Manejo del Impacto Ambiental.....	19
2. 2. Curso Pre Antártico 2019.....	20
3. Componente de cooperación internacional en buques y bases extranjeras	22
4. Proyectos de investigación científica de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica	26
4. 1. Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físicoquímicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache.....	27
4. 2. Proyecto Colombiano de Arte en la Antártica 2019 - 2020 Etapa III.....	28
4. 3. Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje antártico a partir de la teledetección de pastos, líquenes y musgos en la Isla Livingston, Antártica...	28
4. 4. Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártica (Isla Nelson y Rey Jorge).....	29
4. 5. Sensibilidad de ambientes costeros y vida salvaje al petróleo en la Antártica II Etapa (Bahía Almirantazgo)	29
4. 6. Levantamiento hidrográfico en la Bahía Almirantazgo Isla del Rey Jorge, VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica 2019 2020 (ICEMAN).....	30
4. 7. Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la península antártica.....	30
4. 8. Esfuerzo de observación de mamíferos marinos antárticos	31

4. 9. Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la FAC.....	31
4. 10. Comunicaciones Satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica....	32
4. 11. Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica.....	32
4. 12. Implementación de una Turbina Eólica.....	33
4. 13. Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico	33
4. 14. Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica.....	34
5. Conclusiones de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica.....	35
5. 1. Con referencia a la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica	36
6. Recomendaciones.....	38
6. 1. Con referencia a las Expediciones Científicas de Colombia a la Antártica.....	40
Referencias	41
Anexos	43
Anexo 1. Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físicoquímicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache.....	44
Anexo 2. Colombiano de Arte en la Antártica 2019 - 2020 Etapa III, “Atlas de un Continente que no existe”	56
Anexo 3. Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje antártico a partir de la teledetección de pastos, líquenes y musgos en la Isla Livingston, Antártica	66
Anexo 4. Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártica (Isla Nelson y Rey Jorge)	75
Anexo 5. Sensibilidad de ambientes costeros y vida salvaje al petróleo en la Antártica II Etapa (Bahía Almirantazgo)	81
Anexo 6. Levantamiento hidrográfico en la Bahía Almirantazgo Isla del Rey Jorge, VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica 2019 2020 (ICEMAN).....	85



Anexo 7. Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la península antártica.....	90
Anexo 8. Esfuerzo de observación de mamíferos marinos antárticos	129
Anexo 9. Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la FAC.....	141
Anexo 10. Comunicaciones Satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica	151
Anexo 11. Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica	159
Anexo 12. Implementación de una Turbina Eólica en la Antártida	165
Anexo 13. Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico	186
Anexo 14. Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica.....	196

Lista de figuras

Figura 1. Logos de las distintas organizaciones que participaron en la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.....	13
Figura 2. Slogan oficial de la promoción a la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.....	14
Figura 3. Imagen de la presentación realizada por el Servicio Hidrográfico del Reino Unido en la RCTA XLIII, resaltando los aportes de la DIMAR para la generación de una nueva carta náutica en la Antártida.....	17
Figura 4. Imagen de la promoción del curso pre-antártico para la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.....	20
Figura 5. Capitán de Corbeta Julio Cesar Monroy Silvera, Jefe de la V Expedición Científica de Colombia a la Antártica, como capacitador en el curso pre-antártico de la VI Expedición.	21
Figura 6. Personal de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica y la IV campaña de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica en la Isla Rey Jorge.	23
Figura 7. Diagrama exterior del buque español Bio-Hespérides. Fuente: Anexo 14.....	34

Lista de tablas

Tabla 1. Proyectos de investigación que participaron en la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, Verano Austral 2019-2020.....	17
---	----

Escalafones

Escalafones de la Armada de Colombia

Oficiales

CN- Capitán de Navío
CF - Capitán de Fragata
CC - Capitán de Corbeta
TN - Teniente de Navío
TF - Teniente de Fragata
TK - Teniente de Corbeta

Suboficiales

Jefe Técnico de Comando
SJ- Suboficial Jefe
S1 - Suboficial Primero
S2 - Suboficial Segundo
S3 - Suboficial Tercero
M1- Marinero Primero
M2- Marinero Segundo

Escalafones de la Fuerza Aérea Colombiana

Oficiales

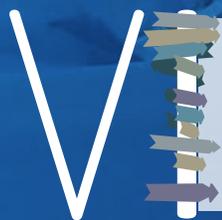
CR - Coronel
TC - Teniente Coronel
MY - Mayor
CT - Capitán
TE - Teniente
Subteniente

Suboficiales

Técnico Jefe Comando
Técnico Jefe
Técnico SubJefe
Técnico Primero
Técnico Segundo
Técnico Tercero
Técnico Cuarto
Aerotécnico

Listado de Siglas y Acrónimos

ARC: Armada de Colombia
CCO: Comisión Colombiana del Océano
CEP: Comité Polar Español
CIDIAM: Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas
CIOH: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe
CITAE: Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales
COMNAP: Consejo de Administradores de Programas Antárticos Nacionales
CPA: Comité de Protección Ambiental
CTN-AA: Comité Técnico Nacional de Asuntos Antárticos
DIMAR: Dirección General Marítima
DNA: Dirección Nacional del Antártico
ENAP: Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”
ENSB: Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”
FAA: Fuerza Aérea Argentina
FAC: Fuerza Aérea Colombiana
FACH: Fuerza Aérea de Chile
IAA: Instituto Antártico Argentino
ICEMAN: Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártida
INACH: Instituto Antártico Chileno
INANPE: Instituto Antártico Peruano
INAE: Instituto Antártico del Ecuador
NIPR: National Institute of Polar Research
NSF: National Science Foundation
PAC: Programa Antártico Colombiano
PNOEC: Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros
PMO: Plataforma Móvil Embarcada
RCTA: Reunión Consultiva del Tratado Antártico
RAPAL: Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos
SCAR: Comité Científico de Investigaciones Antárticas (acrónimo en inglés)
SECCO: Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano
SECIRM: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
SHN: Servicio Hidrográfico Nacional
STA: Sistema del Tratado Antártico
ZAEP: Zona Antártica Especialmente Protegida



Resumen

Para el verano austral 2019-2020, Colombia, a través del Programa Antártico Colombiano (PAC), llevó a cabo la VI Expedición Científica a la Antártica mediante el componente de cooperación internacional con el apoyo de Argentina, Bulgaria, Brasil, Chile, Ecuador, España, Italia, Perú y Polonia.

Un total de veinticuatro (24) expedicionarios desarrollaron catorce (14) proyectos de investigación en el Continente Blanco, realizando por primera vez una presencia por un lapso mayor a 130 días, entre los distintos proyectos de investigación, distribuidos de la siguiente manera: cuatro (04) investigadores a bordo de plataformas oceánicas de investigación científica, tales como el buque “Hespérides” de España, el buque “Laura Bassi” de Italia y el BAP “Carrasco” de Perú. Los veinte (20) investigadores restantes realizaron la fase de campo de sus proyectos en colaboración con Argentina, Bulgaria, Brasil, Chile, Ecuador y Polonia.

Las áreas temáticas que se desarrollaron en los proyectos involucraron la Seguridad Integral Marítima, Biodiversidad en organismos Antárticos (mamíferos marinos y microbiología), Cambio Climático, Tecnología de la Información, Ingeniería Aérea, Adaptación al Medio Ambiente, Cultura y Educación Antártica.

Siendo de igual forma, la IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), el avión C-130 Hércules se destacó el día 17 de enero del 2020, saliendo la ruta Bogotá, D.C. – Santiago de Cali – Santiago de Chile, y arribó a la Isla de Rey Jorge el 19 de enero del año 2020, donde los pilotos realizaron un vuelo de entrenamiento operacional. El día 25 de enero llevaron a cabo el retorno a Punta Arenas desde la Isla Rey Jorge, transportando a los investigadores y las muestras recolectadas en la Antártica, retornando a la ciudad de Bogotá D.C. el día 26 de enero del año 2020.

Así mismo, el avión C-130 Hércules apoyó a varios Programas Antárticos Nacionales como al Instituto Nacional Antártico Chileno (INACH), al Instituto Antártico Peruano (INANPE) y al Instituto Antártico del Ecuador (INAE) con el transporte de investigadores, profesores y demás personal.

La VI Expedición Científica comenzó el 13 de diciembre del 2019 con los primeros expedicionarios que salieron a la Antártica y terminó el 28 de abril del 2020 con el retorno del último expedicionario.

El presente informe recopila los resultados preliminares de los proyectos de investigación anteriormente mencionados, incluyendo las consideraciones especiales, recomendaciones, y conclusiones, que servirán a Colombia en su ruta por ser miembro consultivo del Tratado Antártico.

Como especial reconocimiento y mención de gratificación y orgullo, el trabajo y compromiso de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano (SECCO), encargada

de la Dirección del Programa Antártico Colombiano (PAC), con el alistamiento de los investigadores en la realización del curso pre-antártico, la coordinación administrativa y el constante asesoramiento a los investigadores durante la expedición, resaltando especialmente a la FAC, que nuevamente dispuso sus capacidades aéreas al servicio de la expedición, ayudando en gran medida a los costos logísticos asociados con el cumplimiento de esta expedición.

Si bien se presentaron retos logísticos para el desarrollo de las investigaciones, los científicos, sus instituciones y la Dirección del PAC lograron sortearlas adecuadamente, cumpliendo con los proyectos aprobados en la convocatoria de esta expedición, y principalmente, cumpliendo a satisfacción la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, en el verano austral 2019 - 2020.



1. Introducción

Para el verano austral 2019 -2020, los proyectos de investigación iniciaron su ejecución desde el 22 de diciembre de 2019, cumpliendo con un cronograma independiente para cada proyecto y conforme al apoyo brindado por cada país cooperante, y culminaron el 30 de abril del 2020 con el último proyecto de investigación científica, dando así una participación activa mayor a 130 días.

Para la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, se contó con la participación de la FAC, proporcionando el apoyo de la aeronave C-130 Hércules para el transporte de investigadores y muestras, nacionales e internacionales. De igual forma, gracias a la planeación de la Dirección del PAC, se gestionó el apoyo de nueve (09) países cooperantes para el cumplimiento de trece (13) proyectos de investigación científica, propuestos por quince (15) entidades e instituciones académicas.

Figura 1. Logos de las distintas organizaciones que participaron en la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.



En similitud con la III Expedición “Almirante Lemaitre” verano austral 2016-2017, fue necesario desarrollar la expedición a través del componente de cooperación internacional, pues a pesar de no contar con una plataforma oceánica propia, por limitaciones operacionales y presupuestales, se logró su ejecución gracias al liderazgo de la Dirección del PAC, en la organización, coordinación y gestión de cupos en tres (03) plataformas oceánicas de distintos países, y en siete (07) bases temporales y permanentes ubicadas en la Isla Rey Jorge, principal área de estudio de múltiples proyectos en las pasadas expediciones.

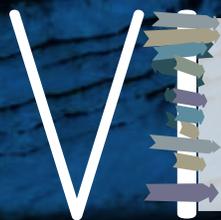
Figura 2. Slogan oficial de la promoción a la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.



Este informe presenta los resultados de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, siendo la expedición con el mayor tiempo de permanencia que ha tenido Colombia en el Continente Blanco, realizando catorce (14) proyectos de investigación científica (Tabla 1).

Este informe está compuesto de cinco (05) secciones, donde se relacionan los antecedentes y sucesos más relevantes que permitieron facilitar la planeación, preparación y complementación de la expedición, en la participación de los miembros del PAC. Seguido de los antecedentes, donde se incluye la información de cada proyecto de investigación, de manera sucinta, relacionando los investigadores y los resultados preliminares de cada uno. Las conclusiones y recomendaciones con respecto al ámbito general de la expedición se encontrarán como la última sección del informe.

La información general y los resultados preliminares de cada proyecto se presentan en los anexos a este informe. Igualmente, al final del documento se incluye la bibliografía consultada.



2. Antecedentes

Desde hace más de seis años, Colombia se ha destacado por continuar ejerciendo una presencia en la Antártica en cada verano austral, realizando investigación científica en diferentes campos y disciplinas de la ciencia, y con la participación de distintas entidades del orden nacional, instituciones, fundaciones y universidades nacionales e internacionales.

Entendiendo el objetivo principal de Colombia en posicionarse como un miembro consultivo en el Sistema del Tratado Antártico (STA), gracias a la importancia geopolítica, ambiental y científica en la Antártica que propende para la humanidad.

La Dirección del PAC y otras entidades como la Armada de Colombia (ARC), la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y la Dirección General Marítima (DIMAR), están en continuo desarrollo en los diferentes proyectos de investigación, optando por diversas vías de acceso a través de plataformas estratégicas aéreas u oceánicas, por ello, es importante tener en cuenta las condiciones físicas y climatológicas del área de operación y estudio, así como la necesidad de evaluar las características del territorio antártico.

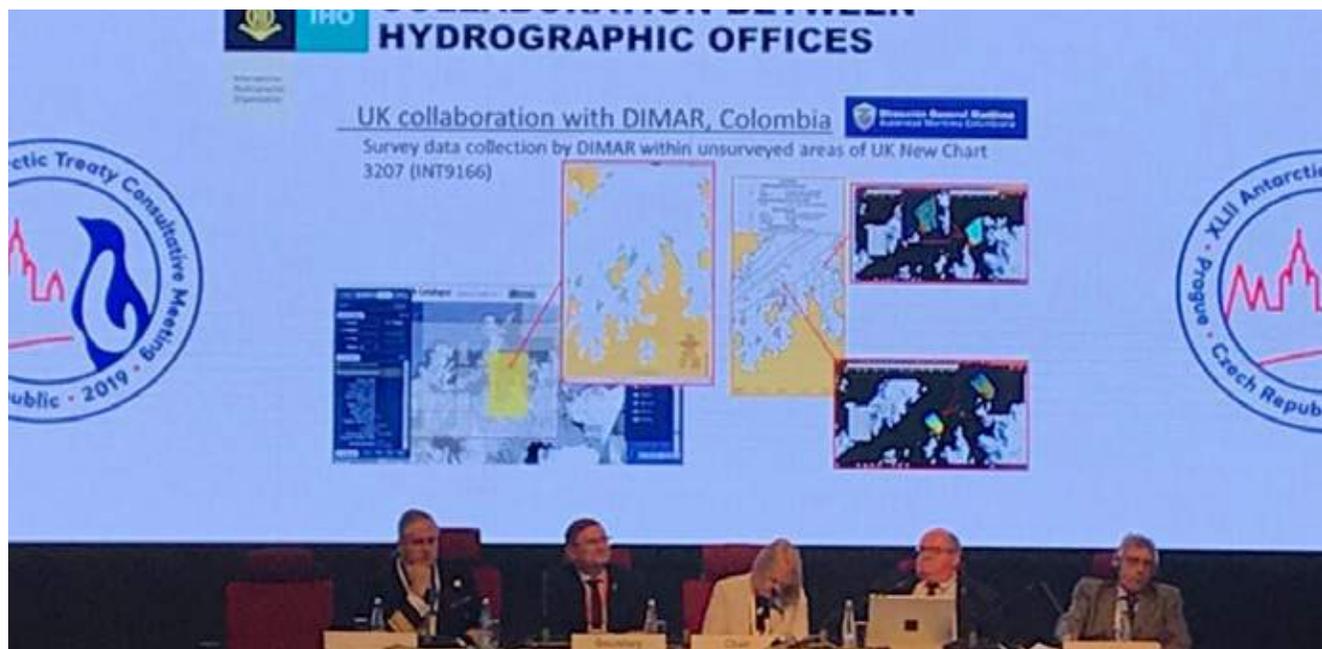
Cabe recordar la Primera Expedición Científica de Colombia “Expedición Caldas”, verano austral 2014-2015, la cual abrió paso para que Colombia tenga presencia en el territorio blanco y así comenzando un camino para llegar a ser miembro consultivo del STA.

El PAC, a través de las capacidades logísticas, operativas y técnicas de la ARC y los Centros de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe y Pacífico de la DIMAR, instituciones que hacen parte del Programa, vienen generando desde la I Expedición Científica, estudios hidrográficos materializados en levantamientos batimétricos, con el fin de actualizar y generar conocimiento e información para la edición y elaboración de nuevas Cartas Náuticas Internacionales.

Esta necesidad de continuar realizando investigación científica con la posibilidad de brindar una información útil a la humanidad es cada vez mayor, tomando como ejemplo los esfuerzos realizados en la V Expedición Científica de Colombia a la Antártica, puntualmente, por la DIMAR a través del Servicio Hidrográfico Nacional (SHN), participando de manera sobresaliente en los aportes de Seguridad Marítima Integral, y proporcionando la información batimétrica necesaria para la generación de una nueva carta náutica (INT 9166), reconocimiento que tuvo lugar en el seminario de la Comisión Hidrográfica de la Antártica durante la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA) el pasado 4 de Julio del 2019, donde todos los miembros consultivos y no consultivos, fueron participes de los aportes generados por Colombia para este valioso insumo.

Adicionalmente, la cantidad de productos científicos generados por los proyectos de distintas organizaciones que han participado en pasadas expediciones, han permitido posicionar a Colombia como un miembro no consultivo con una activa participación.

Figura 3. Imagen de la presentación realizada por el Servicio Hidrográfico del Reino Unido en la RCTA XLIII, resaltando los aportes de la DIMAR para la generación de una nueva carta náutica en la Antártida.



Al tratarse de ser el sexto año de participación, debido a la experiencia adquirida en las distintas expediciones, la responsabilidad de proporcionar resultados de mayor valor es de gran importancia para el PAC, comprendiendo que la contribución en materia de investigación científica es la mejor forma de generar el impacto deseado en la ruta de Colombia por ser un miembro consultivo del STA.

Tabla 1. Proyectos de investigación que participaron en la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, Verano Austral 2019-2020.

Nº	Título Proyecto	Instituciones	Investigadores
1	Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físico químicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache	Universidad Industrial de Santander (UIS)	María Isabel Criales
2	Proyecto colombiano de arte en la Antártica 2019 - 2020 Etapa III	Apoyo Beca de MinCultura	Santiago Vélez Salamanca
3	Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje Antártico a partir de la detección de líquenes y musgos antárticos”	Universidad de Los Andes	Natalia Jaramillo Machuca, Jeisson Riaño Quintero

Nº	Título Proyecto	Instituciones	Investigadores
4	Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártida (Isla Rey Jorge)	Alianza entre Universidad Simón Bolívar, Escuela Naval de Suboficiales y La Universidad de Cádiz	Hernando Bolívar Anillo, Rogeiro Portantiolo
5	Sensibilidad de Ambientes Costeros y Vida Salvaje al Petróleo en la Antártida (Sector de la Bahía Almirantazgo - Isla Rey George) Fase II	ENSB, la Universidad de la Costa (CUC) y la Universidad de Cádiz - España	Giorgio Anfuso Melfi, Cristian Ayala Mantilla
6	“ICEMAN” Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica (Fase VI).	Dirección General Marítima (DIMAR)	S1. José Miguel Navarro Villadiego
7	Censo, Ecología Trófica, Concentraciones de Mercurio y Genética de Pinnípedos en algunas zonas de la Península Antártica e inmediaciones	Macuáticos, Universidad de los Andes	Diego Fernando Mojica Moncada
8	Esfuerzo de Observación de Mamíferos Marinos	Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Conservación Internacional, Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos, Universidad de los Andes, Fundación Macuáticos Colombia, Fundación Yubarta, Fundación Omacha, Dirección General Marítima.	Nohelia Farias
9	Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la FAC	Fuerza Aérea Colombiana	TE. Jenny Alejandra Caro Martínez y T1. Mario Andrés Valencia Gómez
10	Comunicaciones satelitales de la FAC en la Antártica	Fuerza Aérea Colombiana	MY. Sonia Ruth Rincón Urbina, TE. Lorena Paola Cárdenas Espinosa, TSJ. Carlos Tulcán
11	Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica	Fuerza Aérea Colombiana	T2. Angie Catherine Alvarado Yepes
12	Implementación de una turbina eólica en la Antártica Fase III	Fuerza Aérea Colombiana	CT. Cesar Jiménez Lozano y T2. Alfonso Gerardo Bedoya García

N°	Título Proyecto	Instituciones	Investigadores
13	Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea asociados con los sistemas ciclónicos mesoescalares antárticos	Fuerza Aérea Colombiana	TC. Guillermo Poveda Zamora, CT. Álvaro Rafael Martínez Mancera, CT. Mauricio Jiménez García, CR. Nayid Eduardo Iglesias Everstsz
14	Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y Biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica.	Universidad Tecnológica de Bolívar-UTB	Rosa Acevedo Barrios

2. 1. Manejo del Impacto Ambiental

El Protocolo de Protección Ambiental del Tratado Antártico o Protocolo de Madrid, como se le conoce, se firmó el 4 de octubre de 1991 y está vigente desde 1998. La protección ambiental ocupa el primer lugar en la lista de prioridades del STA y funciona como marco de gobernanza en el continente blanco, al que se ha designado como una “reserva natural consagrada a la paz y la ciencia”.

Previamente, el Congreso de la República mediante la ley 1880 de 2018 había aprobado el Protocolo, norma que fue encontrada exequible por la Corte Constitucional, mediante Sentencia C-186/19 al considerar que el instrumento internacional armoniza plenamente con los postulados de la Carta Política de 1991.

El 13 de febrero Colombia depositó el Instrumento de Adhesión al Protocolo de Protección Ambiental del Tratado Antártico, firmado por el señor Presidente de la República y la señora Canciller, ante el Departamento de Estado de los Estados Unidos como país depositario del Tratado.

Como requisito para dar viabilidad de los proyectos aprobados de la expedición por parte de la Dirección del PAC, fue necesaria el apoyo y capacidades de la DIMAR, a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), en la realización de las evaluaciones de impacto ambiental, requisito esencial para poder dar la viabilidad a cada proyecto para su realización. La DIMAR identificó los aspectos ambientales más relevantes y se construyeron las matrices de impacto con los criterios de evaluación de acuerdo a la metodología de Woodside y Aurichio (2001), incluyendo la metodología, frecuencia de muestreo, tipo de materiales y reactivos a emplear cada actividad. Este formato se remitió a la DIMAR, para su estudio y evaluación del impacto ambiental.

Para la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, fue necesaria la coordinación entre las instituciones encargadas de los asuntos antárticos de cada país, donde la Dirección del PAC fue la encargada de recopilar las evaluaciones de impacto ambiental, y hacerlas llegar dentro de los tiempos requeridos por cada país, adicionando los permisos necesarios para el transporte de muestras y equipos de cada proyecto.

Gracias a la verificación por parte del personal de la Dirección del PAC y la DIMAR, los proyectos aprobados para la VI Expedición cumplieron los requisitos establecidos por el Comité de Protección Ambiental (CPA), generando un desarrollo de actividades sin problemas.

2. 2. Curso Pre Antártico 2019

Del 9 al 13 de septiembre del 2019 en la ciudad de Cartagena, se realizó el Curso Pre Antártico para la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, el cual tuvo lugar en las instalaciones de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (ENAP), la Base Naval ARC “Bolívar” y el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas (CIDIAM). El objetivo de este curso teórico práctico, fue brindar las herramientas necesarias a los investigadores y futuros expedicionarios del PAC, para que puedan adquirir destrezas básicas y la seguridad necesaria y así pueda sortear de la mejor manera sus actividades científicas en la Antártica.

Cabe resaltar que el curso pre antártico es un requisito indispensable para los investigadores que participaron en la VI Expedición Científica, pero también estuvo abierto al público en general interesado en participar en esa actividad.

Figura 4. Imagen de la promoción del curso pre-antártico para la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020.



La iniciativa académica nace de la Dirección del PAC y entidades como la ARC, la DIMAR y la ENAP apoyaron durante esta semana en la realización exitosa del curso.

La agenda académica estuvo integrada por conferencias y ejercicios prácticos donde se destacó un ejercicio realizado en el simulador de puente “full misión” del CIDIAM que contó con los escenarios antárticos de la Bahía de Cierva Cove y Puerto Mikkelsen, simulados por profesionales de la ENAP.

Durante el ejercicio, se entrenó a los tripulantes para mantener una navegación segura en aguas antárticas, realizando énfasis en navegación electrónica, atención de situación de emergencia y gestión de recursos del puente en estos escenarios extremos.

Así mismo, con instructores de la ENAP, la Dirección del PAC y la DIMAR, se realizaron lectura de cartas, marcación de puntos en la carta, orientación, navegación en terreno antártico con brújula y utilización de GPS; instrucción de nudos básicos y aseguramiento de cordada; cartografía y empleo de radar ARPA en zonas de hielo, entre otros. Los dos últimos días del curso, se realizó la fase teórica y práctica de supervivencia en el mar a cargo de la Escuela de Buceo y Salvamento en el agua.

El Capitán de Corbeta Julio Cesar Monroy Silvera, Decano de la Facultad de Oceanografía Física de la ENAP, compartió su experiencia como Jefe de Crucero de la anterior Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2018-2019 (Figura 5).

Figura 5. Capitán de Corbeta Julio Cesar Monroy Silvera, Jefe de la V Expedición Científica de Colombia a la Antártica, como capacitador en el curso pre-antártico de la VI Expedición.





3. Componente de cooperación internacional en buques y bases extranjeras

El componente de cooperación internacional en las bases temporales, permanentes y buques con capacidad polar es una coordinación realizada a través de la Dirección del PAC, esta coordinación busca cumplir con las necesidades logísticas y técnicas de cada proyecto de investigación científica de acuerdo con las especificaciones en cuanto al área de estudio, requerimientos de equipos o muestras a tomar, tiempo necesario para la recolección de datos, transporte y necesidades logísticas especiales. Este componente de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica se logró gracias al apoyo de nueve (09) países amigos, Argentina, Bulgaria, Brasil, Chile, Ecuador, España, Italia, Perú y Polonia.

Gracias a la gestión realizada por la Dirección del PAC, la administración que se tuvo gracias a los ofrecimientos y solicitudes de varios países amigos logró destacar satisfactoriamente catorce (14) proyectos de investigación científica. Así mismo, la interacción con las distintas entidades homólogas a la Dirección del PAC, ya sean los distintos institutos antárticos de los países cooperantes, establecieron una coordinación con un tiempo de antelación de nueve (09) meses a la expedición, con el fin de cumplir los tiempos requeridos por el STA para los distintos requerimientos de cada proyecto, ya sea la relación de permisos de transportes de muestras y equipos, cumplimiento del Anexo II al Protocolo del Tratado Antártico sobre la protección del medio ambiente para la conservación de la flora y fauna antártica, solicitudes especiales, relación de cronogramas y coordinaciones paralelas entre investigadores.

Figura 6. Personal de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica y la IV campaña de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica en la Isla Rey Jorge.



Apoyos internacionales realizados por la Fuerza Aérea Colombiana

El avión C-130 Hércules de la FAC apoyó a tres (03) países Latinoamericanos de la siguiente manera:

Apoyo a Chile:

Ruta Punta Arenas a la Isla Rey Jorge el 20 de enero 2020. Con el objetivo de realizar el proyecto titulado Andes & Antartandes. Proyecto de exploración en ambientes rigurosos de Patagonia, Tierra del Fuego y Antártica. Con el apoyo del Fondo de Desarrollo Institucional (FDI), Universidad de Magallanes y Ministerio de Educación de Chile.

No	Grado / Título	Nombre	Institución
1	Profesor	Alfredo Nemesio Soto Ortega	Universidad de Magallanes
2	Alumno	Pablo Andrés Oyarzun Neira	Universidad de Magallanes

Apoyo a Ecuador:

En el marco de la XXIV Expedición Antártica Ecuatoriana, Colombia apoyó en el transporte de personal científico que conformaron la segunda fase del programa técnico-científico Ecuatoriano en la ruta Punta Arenas a la Isla Rey Jorge el 20 de enero 2020.

N	Grado / Título	Nombre
1	Investigador	Bolívar Ernesto Cáceres Correa
2	Investigador	Lisette Estefanía Calle Macas
3	Investigador	Jorge Andrés Espinoza Celi
4	Investigador	Christian Fernando Mejía Guaman
5	Investigador	Ernesto Antonio Camacho Iñiguez
6	Investigador	Jorge Guillermo Nath Nieto
7	Investigador	Fernando Romero Noreña
8	Investigador	Edgar Iván Vallejo Ricaurte
9	Investigador	David Roberto Carranza Rueda
10	Investigador	Jorge Eduardo Herrera Duque
11	Investigador	Jorge Eduardo Herrera Duque

Listado Visita de Alto Nivel de Ecuador

No	Grado / Título	Nombre	Institución
1	GRAL(SP)	Roberto Tandazo Granda	Ministerio de Defensa Nacional
2	VALM(SP)	Homero Arellano Lascano	Embajador del Ecuador en Chile
3	CALM	Daniel Ginez	Comando de Operaciones Navales (Armada del Ecuador)

No	Grado / Título	Nombre	Institución
4	CALM	Jhon Merlo León	Dirección General de Intereses Marítimos
5	CPNV-EMS	Rodrigo MediaVilla Bucheli	Dirección General de Finanzas de la Armada del Ecuador
6	CPFG-EM	Juan Tapia Aldas	Instituto Antártico Ecuatoriano
7	TNNV-SS	Julio Alvarado Ponce	Dirección General de Intereses Marítimos
8	TNNV-AB	Jorge Riofrio Flores	Instituto Antártico Ecuatoriano
9	TNNV-SU	Nemir Espin Conde	Comando de Operaciones Navales (Armada del Ecuador)

Apoyo a Perú:

Con el empleo del avión se apoyó el transporte de personal y material desde la Isla Rey Jorge a Punta Arenas el 23 de enero 2020.

No	Grado / Título	Nombre
1	CF	Kristhian Carlos Guillén Cueva
2	OM1	Joel Carlos Bruno Soldevilla
3	OM1	José Santana Castañeda
4	OM1	Iván Jimenez Ríos
5	Investigador	Luis Alfredo Santillan Corrales
6	Investigador	Giannina La Torre Gallardo



4. Proyectos de investigación científica de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica

En consecución con el procedimiento establecido para el seguimiento de los proyectos de investigación aprobados, cada investigador diligenció un reporte de cada proyecto, donde se relaciona la información a continuación:

1. Relación con la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035
2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto
3. Otras entidades participantes
4. Objetivo general de proyecto
5. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral 2019-2020
6. Base o buque donde se desarrollaron los objetivos particulares
7. Descripción de equipo científico y de apoyo
8. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas
9. Resultados preliminares
10. Resultados esperados
11. Actividades de divulgación
12. Recomendaciones
13. Bibliografía

A continuación, se presenta un resumen de las actividades más importantes de cada uno de los proyectos de investigación durante la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, así como los resultados preliminares de cada proyecto, con relación a los alcances propuestos y limitaciones presentadas para cada uno de los proyectos.

4.1. Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físicoquímicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache

Durante la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica y con el apoyo de Perú, se recibió el apoyo del BAP “Carrasco” para la recolecta de las muestras de plancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante. Se recolectaron muestras de zooplancton con tres tipos de redes: WP2, Bongo y IKMT, con el fin de establecer los posibles factores físicoquímicos que afectan la biomasa en el meso y macrozooplancton, y caracterizar la tolerancia térmica y diversidad genética de algunas especies del meso y macrozooplancton colectadas en el estrecho de Bransfield.

Se recolectaron muestras para la Dra. Barragán-Barrera con el propósito de realizar una cooperación interinstitucional en el proyecto macro que la investigadora adelanta de seguimiento de mercurio en mamíferos marinos presentes en la Antártica. Se visitaron además las bases de “Machu Picchu” de Perú y “Artigas” de Uruguay y con ellas establecer nuevas colaboraciones y trabajos conjuntos. La información oceanográfica proveniente de

las estaciones muestreadas fue recolectada y procesada por el Teniente de Navío Julián Quintero del CIOH-DIMAR (Criales Hernández, 2020) (Anexo 1).

4. 2. Proyecto Colombiano de Arte en la Antártica 2019 - 2020 Etapa III

Desarrollar el Proyecto Colombiano de Arte en la Antártica, el cual tiene como fundamento la inclusión de disciplinas artísticas y culturales dentro de las investigaciones que se llevan a cabo año a año en las misiones colombianas en el continente blanco y con el objeto de estudio titulado “Atlas de un Continente que no existe”.

El investigador Santiago Vélez Salamaca, único investigador destacado de este proyecto, proyecta la realización de una serie amplia de obras de arte que contemplan la escultura, la instalación, el videoarte, la fotografía, el dibujo y la pintura. Se estima que en total serán unas 40 obras asociadas a la investigación (Vélez Salamanca, 2020) (Anexo 2).

4. 3. Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje antártico a partir de la teledetección de pastos, líquenes y musgos en la Isla Livingston, Antártica

Durante 29 días de trabajo en campo se realizó el levantamiento fotogramétrico empleando RPAS a partir de múltiples planes de vuelo sobre las coberturas de interés en tres áreas de la isla Livingstone (Base St. Kliment Ohridski – Mongolian data MET y Hanna Point). La elección de estas zonas de estudio correspondió a observaciones previas que documentaron la presencia de vegetación objeto de esta investigación a partir de tres criterios principales: presencia de pastos y líquenes antárticos, accesibilidad y variación del terreno. Adicionalmente, el área elegida no hace parte de las zonas ambientalmente protegidas en las que existen. En cada zona se colectaron muestras de líquenes y vegetación antártica, se registraron puntos geodésicos y se consolidaron los modelos parciales del terreno en campo.

El objetivo principal del proyecto fue evaluar la transformación del paisaje antártico por la presencia de pastos, líquenes en el área circundante a la base científica búlgara St. Kliment Ohridski, ubicada en la Isla Livingston, Antártica.

De manera paralela, se llevaron a cabo encuentros con equipos científicos de las bases St. Kliment Ohridski (Bulgaria), Bellingshausen (Rusia) y Great Wall (China), para divulgar el objeto del proyecto, explorar intereses de cooperación entre investigadores, y resaltar la participación de Colombia en materia de investigación antártica (Riaño, 2020). (Anexo 3).

4. 4. Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártica (Isla Nelson y Rey Jorge)

El presente proyecto nace de la idea de investigar la microbiota asociada a sedimentos marinos de la Antártica, con el propósito de conocer su biodiversidad y el metabolismo secundario de los microorganismos de interés. Durante esta investigación se utilizaron técnicas microbiológicas, de biología molecular y de química orgánica, con el objetivo de identificar nuevos microorganismos, así como obtener nuevos compuestos con interesantes actividades biológicas y potencial aplicación industrial que permitan a la comunidad científica internacional desarrollar nuevos fármacos, aditivos, cosméticos o agroquímicos, o aislar enzimas de interés biotecnológico e industrial.

El equipo está conformado por microbiólogos, biólogos y químicos orgánicos con formación doctoral en diferentes áreas como la química orgánica, biomoléculas, recursos agroalimentarios, ciencias naturales, entre otros (Bolívar Anillo, 2020) (Anexo 4).

4. 5. Sensibilidad de ambientes costeros y vida salvaje al petróleo en la Antártica II Etapa (Bahía Almirantazgo)

Dado el creciente interés tanto científico como turístico en el continente Blanco, es necesario conocer y ampliar la elaboración de mapas de sensibilidad para uso en la planificación y respuesta de derrames de hidrocarburos. En el verano austral 2019-2020, se adelantó el primer estudio que utilizó un enfoque basado en las Especificaciones y Normas Técnicas para la Elaboración de Cartas de Sensibilidad a Derrames de Petróleo en las Aguas Jurisdiccionales Brasileñas (MMA, 2007), y las directrices de indicadores de la sensibilidad de las personas. NOAA Technical Memorandum. Estos estándares determinan las etapas que abarcan la elaboración y determinación del uso final de los mapas.

Dada la gran importancia de estos mapas, los investigadores proponen ampliar el área de estudio en el territorio Antártico, permitiendo a la comunidad científica generar conceptos respecto a la pertinencia de metodologías. En el verano austral 2019-2020, se continuó con la toma de datos en el sector de la bahía Almirantazgo, para complementar el área de estudio, la estación antártica Comandante Ferraz (en portugués, Estação Antártica Comandante Ferraz), la cual es una base permanente (operativa todo el año) de Brasil, ubicada en las coordenadas geográficas 62°05'0"S 58°23'28"O, en la bahía Almirantazgo Rey Jorge, en las islas Shetland del Sur.

Finalmente, se entregará un Atlas que servirá a la comunidad internacional para planear estrategias de mitigación y acciones tendientes a controlar los efectos que se puedan provocar por este tipo de afectación (Portantolio Manzolli, 2020) (Anexo 5).

4. 6. Levantamiento hidrográfico en la Bahía Almirantazgo Isla del Rey Jorge, VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica 2019 2020 (ICEMAN).

En relación con los aportes realizados por la DIMAR para la generación de nuevas cartas náuticas en el continente antártico, CIOH del Caribe ha destacado en calidad de cooperación internacional a bordo del B.A.P “Carrasco” a un equipo técnico con el fin de continuar los levantamientos realizados desde el año 2018 en la quinta fase del proyecto de Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica “ICEMAN”.

El objetivo principal de este proyecto es realizar el levantamiento hidrográfico con tecnología Monohaz en el sector de Bahía Almirantazgo, en la Isla del Rey Jorge con el fin de capturar y procesar información hidrográfica, y de esta manera aportar a la seguridad de la vida humana en el mar, beneficiando el desarrollo científico del continente.

De igual forma, se realizó un estudio preliminar para orientar los esfuerzos de la VII Expedición Científica del PAC en el proyecto propuesto por la DIMAR: “Generación de nuevo conocimiento hidrográfico, náutico y de geología marina en el análisis morfológico y sedimentario en el continente Antártico”, así como para la construcción del buque Antártico Colombiano con aportes de la experiencia adquirida por los expedicionarios a bordo del B.A.P “Carrasco” (Navarro, 2020) (Anexo 6).

4. 7. Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la península antártica

El objetivo general de este proyecto es determinar la estructura, diversidad genética y concentraciones de mercurio total (THg) de la población de Elefantes Marinos del Sur (M. leonina), en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, ubicada en la Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo, para continuar con el estudio y seguimiento de pinnípedos en algunos de los Archipiélagos de la Península Antártica, de manera que Colombia pueda destacarse para el intercambio de información Antártica a nivel internacional.

El esfuerzo de observación fue realizado durante cinco o seis horas, si las condiciones meteorológicas lo permitían. Durante el censo, se colectó información sobre fecha, posición, especie, número de individuos y madurez de acuerdo a sus características diagnósticas morfológicas externas.

En el marco de las charlas realizadas en universidades por Diego Fernando Mojica-Moncada, Investigador Asociado al PAC, se han divulgado varios avances incluyendo aquellos relacionados con la presente investigación. Por su parte, la investigadora Dalia C. Barragán Barrera, ha presentado diversas ponencias con los resultados preliminares de este estudio, dando reconocimiento a todas las instituciones participantes y resaltando

apoyo recibido por parte de la Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos y Fundación AVIATUR (Mojica Moncada, 2020) (Anexo 7).

4. 8. Esfuerzo de observación de mamíferos marinos antárticos

Entre el 06 de enero hasta el 18 de febrero de 2020 se realizó el esfuerzo de observación de mamíferos marinos, cubriendo la mayor parte de la ruta Nueva Zelanda-Antártica-Nueva Zelanda. El esfuerzo fue realizado cuando las condiciones oceanográficas y climáticas lo permitían. Adicionalmente, se cubrió toda la ruta que realizó la campaña Oceanográfica del Programa Antártico Italiano en el mar de Ross. Este proyecto se realizó en su totalidad a bordo del buque italiano rompehielos y oceanográfico “Laura Bassi”.

El objetivo principal de este proyecto, se basó en coleccionar datos de distribución y ecología de especies de mamíferos marinos con el fin de entender su capacidad adaptativa para enfrentar eventos naturales y antropogénicos en corto, mediano y largo plazo, de manera que se pueda establecer y coordinar medidas de manejo y conservación a nivel local, nacional y regional (Farías Curtidor, 2020) (Anexo 8).

4. 9. Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la FAC

Peligros de la operación aérea en la Antártica para garantizar la seguridad operacional de la FAC, es un proyecto destinado al levantamiento de información en terreno para la caracterización del panorama de riesgos operacionales en el continente blanco de modo que se supervise, prevenga, mitiguen accidentes y se administren los riesgos operacionales. Este proyecto está respaldado por la FAC y es de gran importancia académica y científica para aquellos países que requieran operar en estas latitudes.

Como resultado se generó un panorama de riesgos operacionales, así como un modelo 3D de la zona de estudio, en este caso el aeródromo “Teniente Rodolfo R Marsh”. Con este proyecto, la FAC pretende conocer cuáles son los peligros inherentes a las operaciones aéreas en la Antártica, entendiendo las condiciones particulares presentes en el aeródromo Teniente Marsh de la Isla Rey Jorge.

El resultado de esta investigación permitirá a los participantes de futuras campañas aéreas en la Antártica conocer los peligros a los cuales se enfrentarán en este aeródromo y llevarlo a una toma de medidas acertadas orientadas a la mitigación de estos peligros (Tabáres, 2020) (Anexo 9).

4. 10. Comunicaciones Satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica

Este proyecto contó con el apoyo del señor Coronel Humberto Julio Schweitzer, Jefe de Centro Asuntos Antárticos del Ejército de Chile, quien dispuso el apoyo logístico para que la Base “General Bernardo O´Higgins Riquelme” recibiera a los investigadores de este proyecto, base en la cual se desarrollaron todas las actividades de la fase de campo.

El desarrollo del proyecto contó con tres investigadores principales del Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE), como se indica a continuación: Mayor Sonia Ruth Rincón, Ingeniera Metalúrgica, Jefe del centro de investigación e investigadora principal del proyecto, Teniente Lorena Cárdenas, Física, especialista en desarrollo tecnológico y operadora de satélite FACSAT-1, Técnico Subjefe Carlos Tulcán, tecnólogo en mantenimiento aeronáutico, técnico especialista en desarrollo tecnológico y encargado del mantenimiento y calibración de la antena de FACSAT 1.

Adicionalmente, trabajaron en el proyecto, ingenieros electrónicos, ingenieros mecánicos, ingenieros de materiales, técnicos en automatización y estudiantes de ingeniería mecánica, como apoyo a las actividades del proyecto (Rincón Urbina, Cárdenas Espinoza, & Tulcán Delgado, 2020) (Anexo 10).

4. 11. Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica

Las misiones análogas espaciales son una alternativa económica para la realización de investigación y entrenamiento para misiones espaciales frente al espacio en sí. Este método es utilizado por las diferentes agencias y organizaciones del sector espacial alrededor del mundo y ha permitido durante más de 50 años desarrollar los programas de entrenamiento e investigación para las diferentes misiones. En la actualidad, Colombia no cuenta con una caracterización de posibilidades para la realización de misiones análogas para el sector científico.

Teniendo en cuenta los lineamientos del PAC y la posibilidad de acceso al continente blanco, el presente proyecto tiene como objetivo determinar los tipos de escenarios para misiones análogas que se pueden realizar en bases latinoamericanas en la Antártica por parte de la FAC.

Para el cumplimiento del mismo, se propone un estudio observacional con cooperación internacional con países latinoamericanos para realizar la caracterización de los escenarios que proveen las bases Antárticas de los países cooperantes y así determinar los tipos de misiones que se pueden realizar y los requerimientos necesarios para cada uno (Corzo & Alvarado Yépez, 2020) (Anexo 11).

4.12. Implementación de una Turbina Eólica

La FAC presentó un proyecto en la línea de investigación de aprovechamiento de energías alternativas en la Antártica el cual planteo la “Implementación de una Turbina Eólica” desde el año 2015. Proyecto desarrollado con el apoyo de la Fuerza Aérea Argentina (FAA) y Dirección Nacional de Asuntos Antárticos de Argentina (DAA), instituciones con las cuales se gestó el proyecto para la implementación de la primer Turbina Eólica fabricada en Colombia y puesta en funcionamiento en la Antártica el año 2018-2020.

El resultado esperado con la implementación de la Turbina Eólica ha funcionado de manera excelente en la Antártica y se puede implementar en la base temporal de Colombia, a raíz del excelente desempeño del proyecto se espera un financiamiento más grande con miras a lograr implementar esta energía eólica en un refugio temporal (Jímenez Lozano, 2020) (Anexo 12).

4.13. Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico

El trabajo consistió en mediciones en superficie, con una estación meteorológica portátil que recolectó datos cada minuto durante los 5 días (20 al 24 de enero de 2020) de permanencia en el continente antártico, y observaciones en altura con un sistema de sondeo atmosférico, en el que se realizaron mediciones cada 6 horas durante los 3 primeros días y cada 3 horas durante los dos últimos.

La información recolectada permitió caracterizar con datos observados y mediciones in situ, el comportamiento de la atmosfera durante los días de observación.

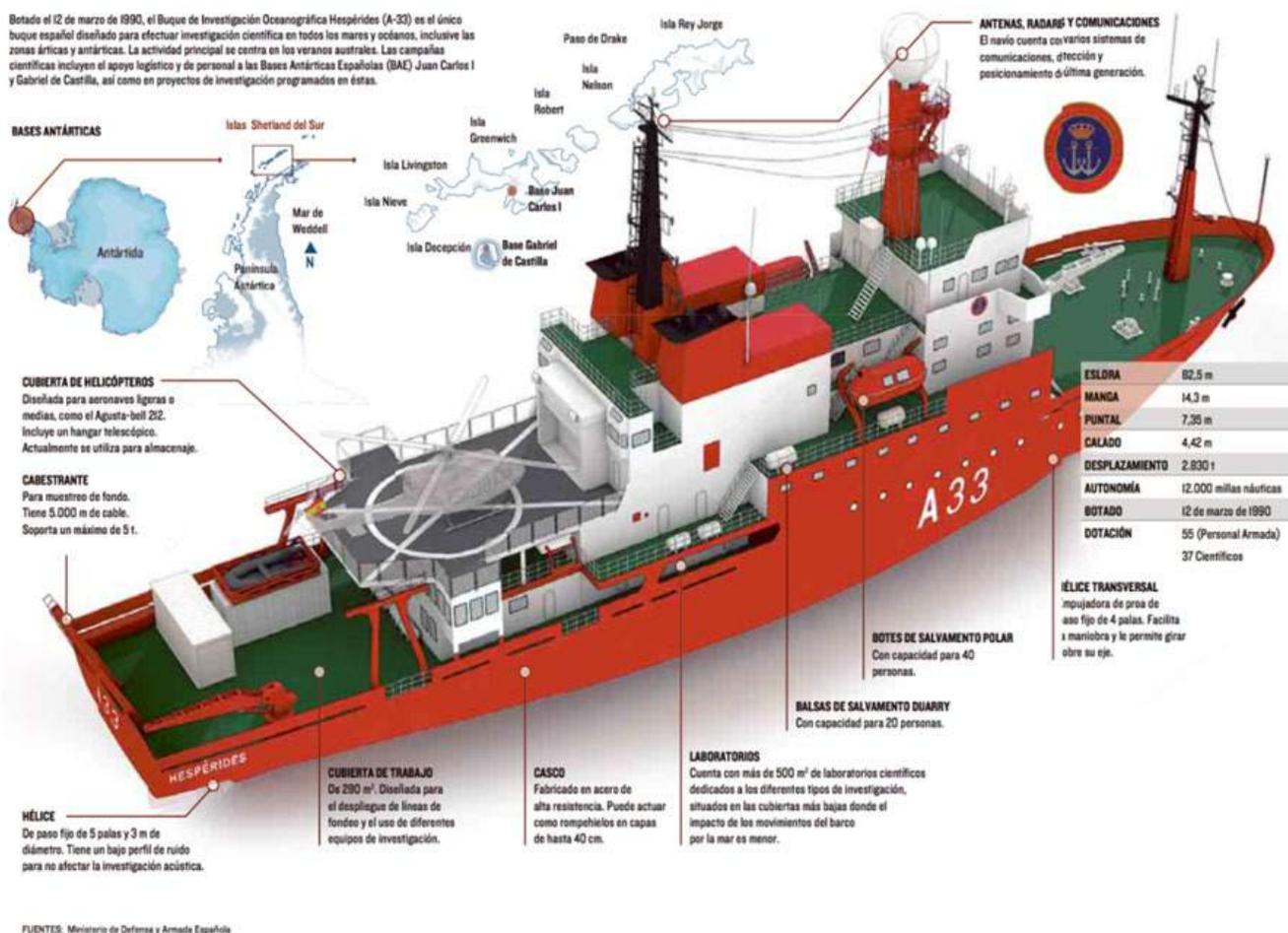
Estos datos serán usados como datos iniciales para las corridas de los modelos de predicción meteorológica, buscando verificar la habilidad con la que los modelos reproducen los fenómenos meteorológicos que afectaron a la aviación durante los días de observación.

El transporte hasta la Isla Rey Jorge se realizó en la aeronave de la FAC tipo Hércules C-130. Así mismo, los apoyos logísticos fueron coordinados con el INACH y la Base “Profesor Julio Escudero” (alimentación, alojamiento, transporte de equipos desde el aeródromo hasta el sitio de instalación). También se tuvo apoyo de la FACH para el transporte de equipos y alojamiento de dos investigadores, quienes se alojaron en la Base “Presidente Eduardo Frei Montalva” (Jímenez García, 2020) (Anexo 13).

4. 14. Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica

Describir la composición y la riqueza de tardígrados y bacterias presentes en diferentes puntos de las islas Shetland del Sur y la península Antártica, fue el principal objetivo planteado para este proyecto. El buque español Hespérides fue la plataforma oceánica de investigación científica antártica que sirvió como cooperante para este proyecto.

Figura 7. Diagrama exterior del buque español Bio-Hespérides. Fuente: Anexo 14



Desde el 14 de febrero hasta el 2 de marzo de 2020 se realizaron los recorridos en botes zodiac desde el buque a diferentes puntos de las islas Shetland del Sur y la Península Antártica, para la toma de muestras de musgos, líquenes y sedimentos marinos. El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio de Biología del buque donde se contó con un estereoscopio para determinar la presencia de tardígrados en las muestras recolectadas (Acevedo Barrios, 2020) (Anexo 14).



5. Conclusiones de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica

La VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020, logró culminar de manera satisfactoria el 30 de abril del 2020, para un total de 131 días de permanencia en el continente antártico de manera simultánea entre todos los proyectos de investigación científica destacados, con un total de 24 investigadores y más de 15 entidades participantes.

La participación en cuanto a los proyectos de investigación, se logró llevar a cabo entre entidades del orden nacional, no gubernamentales, la academia y una fundación, siendo así una mayoría en la participación de los proyectos de investigación por parte de las universidades nacionales, seguido de las entidades del orden nacional, gracias a la IV campaña de FAC en la Antártica.

Se cumplieron un total de 14 proyectos de investigación científica, y a su vez, se recolectaron datos como apoyo para otros proyectos de investigación científica que se propondrán para la VII campaña o para futuras expediciones científicas de Colombia a la Antártica.

Gracias a la preparación y seguimiento por parte de la Dirección del PAC en el asesoramiento y acompañamiento en cada uno de los investigadores y proyectos de investigación, permitió una facilidad en el desarrollo de la expedición, especialmente en las necesidades y exigencias de cada país cooperante para el transporte de muestras y equipos.

Esta exitosa expedición permitió dar continuidad en la proyección de Colombia como un miembro consultivo del STA, a través de la investigación científica que propende cada proyecto en sus resultados y futuras divulgaciones en beneficio de la humanidad.

5. 1. Con referencia a la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica

La VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica se constituye como la primera vez que Colombia, a través del PAC, logra ejercer una presencia continua por un lapso mayor a 4 meses, resultado de la preparación y experiencia adquirida en 7 años de investigación científica en cada verano austral.

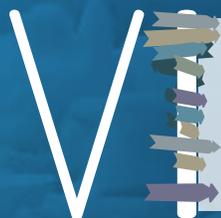
La coordinación minuciosa de cada proyecto de investigación científica, no habría sido posible sin el acompañamiento de la Dirección del PAC, que gracias a las múltiples oportunidades que se presentaron para dirigirse a los investigadores, en ánimos de preparar y mejorar las oportunidades de alistamiento antes del desarrollo de la investigación, permitieron un desarrollo sin grandes contratiempos.

Es necesario resaltar que gracias a la experiencia que resalta una sexta oportunidad de realizar investigación científica, los investigadores lograron destacarse y conseguir una mejor coordinación y desplazamiento en las distintas bases o buques donde fueron destacados, esto es debido a los proyectos de investigación que han proyectado una

continuación periódica anual, y a las coordinaciones paralelas que se han adquirido por los investigadores o por los proyectos con otros países que tengan objetivos comunes.

Gracias a las buenas coordinaciones y contactos permanentes de la Dirección del PAC con otros países, se lograron acceder a muchas oportunidades que permitieron habilitar dos proyectos a los cuales no contaban con la posibilidad de destacarse faltando tres (03) meses para el verano austral, esto es posible gracias a la sobresaliente labor que realiza esa Dirección.

El factor de mayor relevancia para que cada proyecto se logrará realizar de manera satisfactoria, recae en el investigador principal y en la posibilidad de comunicarse con los países amigos y cooperantes, ya que como es usual dadas las difíciles condiciones climáticas para acceder y salir de la Antártica, los cambios en los itinerarios son frecuentes y dificultan el planeamiento inicial.



6. Recomendaciones

La cooperación internacional es un componente que implica grandes dificultades y retos dadas las múltiples necesidades y requerimientos propios de cada país cooperante, dicho esto, las diversas coordinaciones que se realizaron dieron como resultado el cumplimiento satisfactorio de la expedición, sin embargo, existen varias recomendaciones que podrían contribuir a mejorar los procesos del PAC.

A continuación, se relacionan las recomendaciones desde la coordinación científica de la expedición, en aras de continuar mejorando la participación en el alistamiento a las expediciones futuras:

a) Es necesario llevar un seguimiento de los proyectos de investigación internacionales de los países amigos, con la finalidad de asesorar a los investigadores que propongan proyectos con objetivos comunes, ya que permite conseguir facilidades a la adquisición de datos desde distintos medios y tiempos, lo que enriquece el proyecto de investigación propuesto.

b) Para los proyectos que han tenido la oportunidad de destacarse a distintas bases o buques antárticos, especialmente bajo el componente de cooperación internacional, llevar el control y la consecución de los proyectos a través de un Sistema de Información Geográfico, logra exponer mejor las posibilidades de contribuir con países que tengan interés en los proyectos realizados.

c) La cooperación internacional ha logrado estrechar lazos con distintos investigadores y entidades que alcanzan a coordinar de manera paralela los proyectos de investigación para campañas futuras, esto puede representarse como una facilidad al acceder a los recursos de transporte y habitabilidad para investigadores a futuro, sin pasar por el proceso exigido en el PAC, siendo un causal de desarrollar un proyecto de investigación y no estar incluido al PAC, por tal motivo se recomienda llevar un registro de esos proyectos que tienen facilidad de contar con la cooperación internacional, con el fin de brindar lo necesario como facilitadores a los investigadores, y mejorar el proceso de inscripción, aprobación y aprovechamiento en la contribución científica al PAC.

d) Como se demostró en los antecedentes de este informe, las distintas oportunidades de contribuir internacionalmente a través de la investigación científica, están lideradas actualmente por insumos técnicos con una pronta apropiación del conocimiento, como generación de cartas náuticas, identificación de riesgos por derrames de hidrocarburos a las costas antárticas, o mejora en las comunicaciones satelitales del país; estos proyectos ameritan un especial reconocimiento ya que involucran un gran impacto en el interés por ser miembros consultivos del STA.

e) Es importante continuar con la formación de redes de investigación científica internacionales, ya propuestos en las anteriores reuniones del Comité Técnico Nacional

de Asuntos Antárticos (CTN-AA), ya que permiten mejorar la calidad de los proyectos de investigación del PAC.

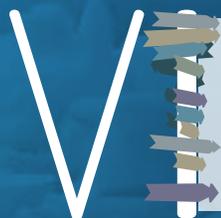
6. 1. Con referencia a las Expediciones Científicas de Colombia a la Antártica

a) Dadas las necesidades de coordinación y comunicación constantes en cada verano austral, se hace necesaria la frecuente participación y contacto con el personal designado por la Dirección del PAC para el asesoramiento de los investigadores durante la expedición, ya que por ser el cierre del año fiscal y la culminación de distintos compromisos laborales, existe un lapso de tiempo donde los investigadores no podrán acceder a los encargados de la planeación y coordinación logística.

b) Es necesario continuar con la gestión de recursos y presupuesto necesarios para dar sostenibilidad al PAC con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, ya que este es un interés del Estado que no debe depender de las instituciones comprometidas y con visión en este tema geoestratégico para el país.

c) Dadas las necesidades de contar con plataformas oceánicas antárticas para la realización de varios proyectos de investigación, las rutas en los levantamientos son generalmente las mismas, lo cual permite llevar un control en el tiempo de los posibles cambios en el área de estudio, estas rutas y características de los buques usados, servirán de apoyo a los investigadores nuevos, ya que es difícil acceder a la información en la planeación de cada proyecto.

d) Se sugiere que los exámenes médicos de los investigadores sean programados con el tiempo apropiado de antelación antes de la expedición, debido a que puede representar un causal de no participación por razones médicas, adicionalmente, todas las coordinaciones realizadas con antelación incluyen permisos extranjeros y permisos de abordaje, si los exámenes médicos impiden la participación de un expedicionario, esto inhabilitaría la participación de un posible reemplazo para que pueda cumplir con el proyecto propuesto inicialmente.



Referencias

Acevedo Barrios, R. L. (2020). 4.14 Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica. Anexo 14.

Bolívar Anillo, H. J. (2020). 4.4 Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártida (Isla Nelson y Rey Jorge). Anexo 4.

Corzo, M. A., & Alvarado Yépez, A. (2020). Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica. Anexo 11.

Criales Hernández, M. (2020). 4.1 Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físico químicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache. Anexo 1.

Farías Curtidor, N. (2020). Esfuerzo de observación de mamíferos marinos antárticos. Anexo 8.

Jímenez García, M. (2020). Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico. Anexo 13.

Jímenez Lozano, C. (2020). Implementación de una turbina eólica en la Antártida. Anexo 12.

Navarro, J. (2020). 4.6 Levantamiento hidrográfico en la Bahía Almirantazgo Isla del Rey Jorge, sexta expedición a la antártica 2019 2020 (ICEMAN). Anexo 6.

Mojica Moncada, D. F. (2020). 4.7 Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la península antártica . Anexo 7.

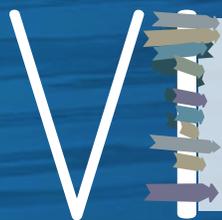
Portantolio Manzolli, R. (2020). 4.5 Sensibilidad de ambientes costeros y vida salvaje al petróleo en la Antártida ii etapa (Bahía Almirantazgo). Anexo 5.

Riaño, J. (2020). Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje antártico a partir de la teledetección de pastos, líquenes y musgos en la Isla Livingston, Antártica. Anexo 3.

Rincón Urbina, S., Cárdenas Espinoza, L., & Tulcán Delgado, C. (2020). Comunicaciones satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica. Anexo 10.

Tabáres, W. A. (2020). Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la Fuerza Aérea Colombiana. Anexo 9.

Vélez Salamanca, S. (2020). Atlas de un continente que no existe. Anexo 2.



Anexos

Anexo 1

Efecto del cambio climático global en la composición y abundancia del zooplancton: Estudio de factores físicoquímicos, tolerancia térmica y diversidad genética en algunas especies representativas del Estrecho de Gerlache

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Ecosistemas marinos, costeros y continentales: cambio ambiental y conservación	Ecosistemas marinos antárticos	Resiliencia y, umbrales de sensibilidad al cambio. Flujos tróficos. Estado, estructura y funcionamiento de los ecosistemas antárticos.
		Migración y desplazamiento de especies y comunidades en la Antártica por el cambio climático

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
María Isabel Críales Hernández	Universidad Industrial de Santander	Directora del proyecto; Recolectar información y muestras de zooplancton en campo; Establecer y entender las condiciones actuales de la estructura y funcionamiento del plancton en la Antártica.
Sergio Andrés Marchant		Estudiar y entender los procesos que controlan la diversidad genética del plancton en la Antártica
Dalia Barragán Barrera	Fundación Macuáticos Colombia Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe CIOH-DIMAR	Estudiar la presencia de metales pesados en organismos planctónicos de la Antártica (Cooperación interinstitucional con la Universidad Javeriana)

Investigadores	Entidad	Actividades
Teniente Julián Quintero	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe CIOH-DIMAR	Apoyar en campo la recolecta de muestras y recopilar y procesar información oceanográfica de la expedición.

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Durante la VI Expedición Colombiana a la Antártida se utilizó la plataforma del BAP Carrasco para la recolecta de las muestras de plancton en el Estrecho de Bransfield y Alrededores de la Isla Elefante. Se recolectaron muestras de zooplancton con tres tipos de redes: WP2, Bongo y IKMT.

Se recolectaron muestras para la Dra. Barragán-Barrera con el propósito de realizar una cooperación interinstitucional en el proyecto macro que la investigadora adelanta de seguimiento de mercurio en mamíferos marinos presentes en la Antártida.

Se visitaron además las bases de Machu Pichu de Perú y Artigas de Uruguay con el propósito de establecer colaboraciones y trabajos conjuntos.

La información oceanográfica proveniente de las estaciones muestreadas fue recolectada por el Teniente Quintero del CIOH-DIMAR y fue procesada por él.

4. Otras entidades participantes.

Fundación Macuáticos Colombia y Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe CIOH-DIMAR.

5. Objetivo general del proyecto.

Establecer los posibles factores fisicoquímicos que afectan la biomasa en el meso y macrozooplancton, y caracterizar la tolerancia térmica y diversidad genética de algunas especies del meso y macrozooplancton colectadas en el Estrecho de Bransfield y Alrededores de Isla Elefante, Antártida.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

Objetivo específico 1: Determinar los factores ambientales que pueden mantener la identidad y estructura de la comunidad del mesozooplancton Estrecho de Bransfield y Alrededores de Isla Elefante.

Objetivo específico 2: Caracterizar la tolerancia térmica en especies del meso y macrozooplancton Estrecho de Bransfield y Alrededores de Isla Elefante para identificar el potencial adaptativo al cambio climático de estos organismos.

Objetivo específico 3: Estimar la diversidad genética en especies del meso y macrozooplancton Estrecho de Bransfield y Alrededores de Isla Elefante con el fin de evaluar la plasticidad fenotípica y determinar la sensibilidad de estas especies al cambio climático.

En el verano austral se avanzó en los objetivos específicos 1 y 2 mediante la recolecta de muestras de zooplancton y la recopilación de información oceanográfica de los sitios de muestreo. Debido a la incompatibilidad eléctrica de los baños termostáticos y la capacidad eléctrica del BAP Carrasco, los experimentos del objetivo específico 2 no fueron realizados.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

BAP Carrasco, perteneciente a la Armada del Perú.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

María Isabel Críales: Investigadora principal

Sergio Andrés Marchant: Investigador

Mauricio Jerez: Profesional de Apoyo en laboratorio de la UIS

Teniente Julián Quintero: Profesional de apoyo en recopilación y procesamiento de información oceanográfica, cooperación interinstitucional con CIOH-DIMAR

Suboficial José Navarro: Personal de apoyo en campo para la recolecta de muestras

Dalia Barragán Barrera: Investigadora cooperación interinstitucional con Fundación Macuaticos.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

En la parte de oceanografía física se utilizaron los siguientes equipos que se tenían a disposición en el buque.

Equipo	Data Esperada	Data Medida
ADCP 38khz - ADCP 300Khz	Transectos Continuos de Corriente	Medicion Puntual de Corriente
CTD	-	Temperatura, salinidad y densidad en toda la columna de agua

La información oceanográfica suministrada incluye todas las estaciones correspondientes a la grilla de la expedición Antar XXVII.

Se recolectaron muestras de zooplancton con redes de diferentes tipos (WP2, Bongo, IKMT) y se realizó una caracterización preliminar de la comunidad de zooplancton en los sitios de recolecta.



Red Bongo de 300 y 500 micras para recolectas de mesozooplancton.



Red WP2 de 200 micras para recolecta de mesozooplancton y primeros estadios de Euphausidos.



Red IKMT de 500 micras para recolecta de Macrozooplancton.

Se realizaron experimentos de tolerancia térmica en especies de meso y macrozooplancton. Sin embargo, debido a problemas de compatibilidad de los baños termoregulados y el sistema eléctrico del buque BAP Carrasco, estos no se pudieron completar. Cada baño termoregulados requiere 15 amperes en la red de 110 volts, requerimiento que sobrepasó el circuito eléctrico del buque.



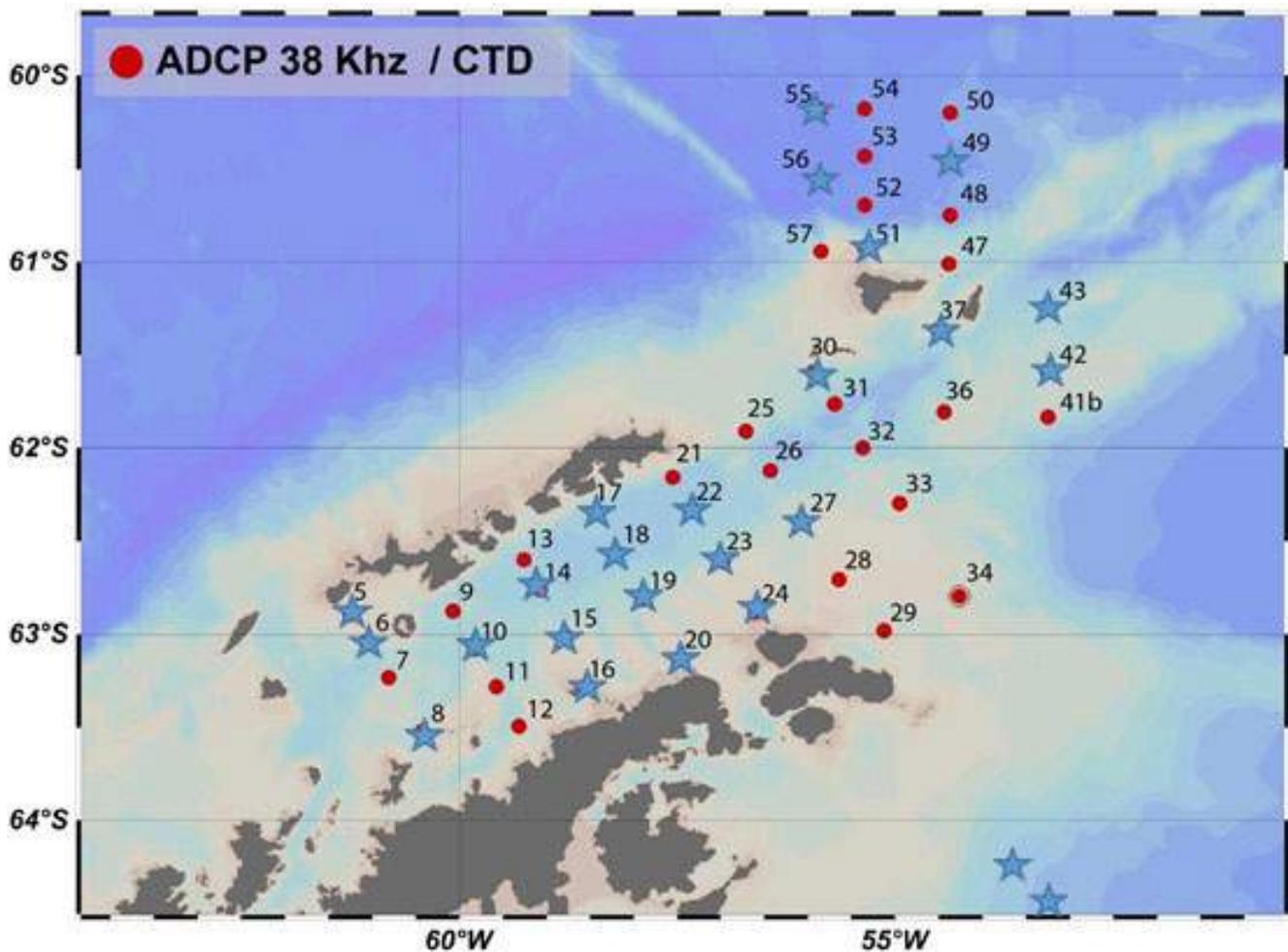
Montaje a bordo del experimento de resistencia térmica en Krill.

Se recolectaron adicionalmente muestras de Krill para la determinación de metales pesados con el propósito de apoyar el trabajo interinstitucional con la Universidad de los Andes y Fundación MACUATICOS.

10. Resultados preliminares.

Oceanografía de las estaciones

Relación de las estaciones de muestreo realizadas en la expedición:

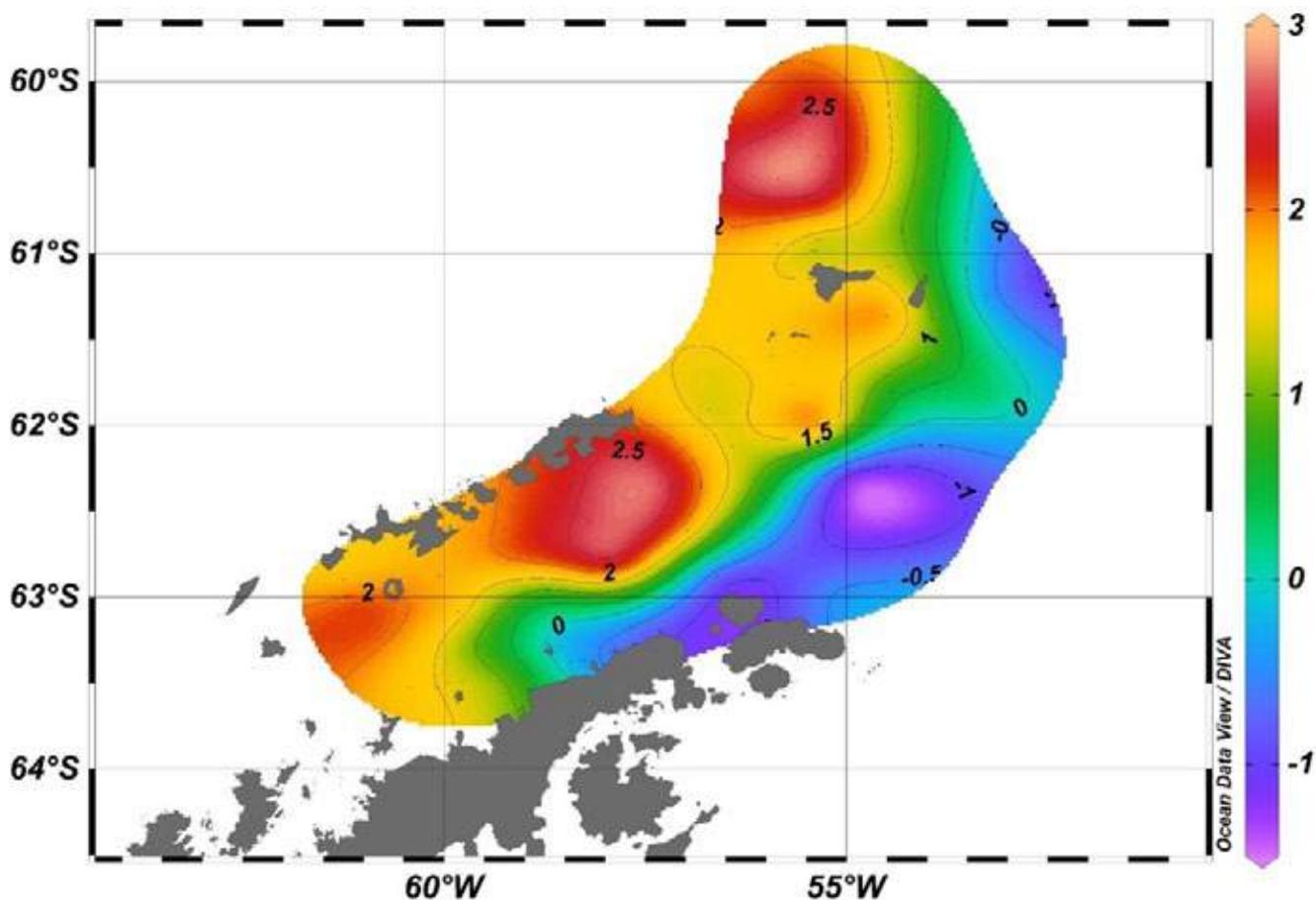


La grafica representa las estaciones donde se tomaron datos de Adcp En rojo y las estrellas azules representan las estaciones donde se recolecto plancton.

La TSM fluctuó entre -0.5 y 2.5 °C, para toda la zona evaluada. La distribución térmica mostro una elevación de la temperatura por encima del patrón general, es decir con

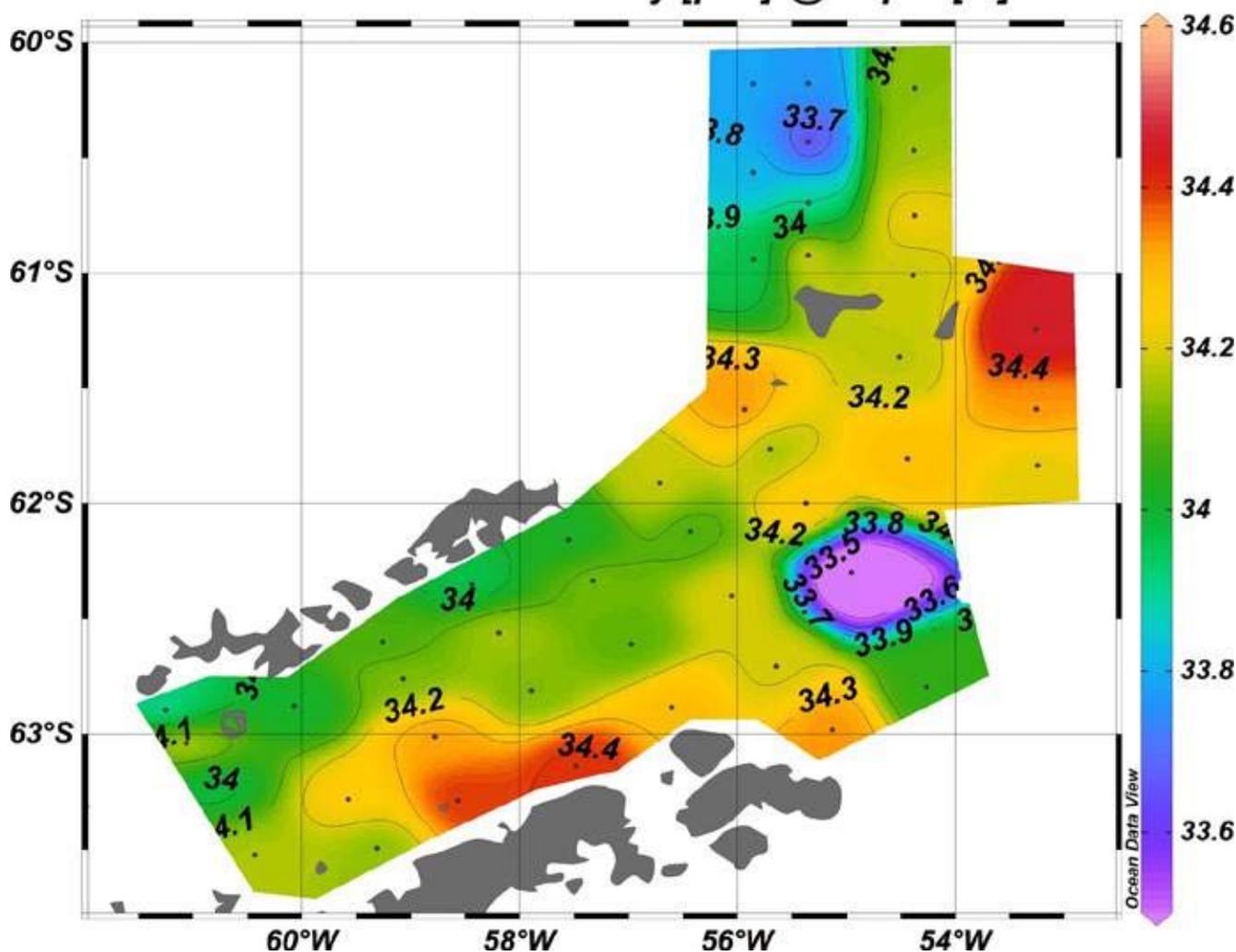
temperaturas por encima de los 1.5°C. Las isotermas se dispusieron casi paralelas a la orientación del estrecho de Bransfield.

Las temperaturas más bajas (-0.5 °C) se presentaron próximas a la península Antártica, en cambio las temperaturas más altas se registraron próximas a las Islas Shetland del norte, alcanzando temperaturas mayores a los 1.5°C.



Interpolación de la temperatura superficial del agua de mar medida con CTD, procesada en Ocean Data View (ODV).

La salinidad superficial del mar presentó valores entre 33,5 y 34,5 ups. Su distribución mostró un comportamiento contrario al de la temperatura; en general, las concentraciones de sales aumentan al aproximarse a la península Antártica. Este comportamiento es típico de la zona antártica y ya ha sido comentado ampliamente en Biomass Scar/Scor/labo/Acmrr (Report Series 30, 31).



Interpolación de la salinidad del agua de mar medida con CTD, procesada en Ocean Data View (ODV).

Se recolectaron un total 102 muestras provenientes de 23 estaciones que corresponden a la grilla de las Expediciones ANTAR de Perú, distribuidas en el Estrecho de Bransfield y alrededores de Isla Elefante. Estas se hicieron con diferentes redes para cumplir con los objetivos del proyecto. A continuación, se relaciona las muestras obtenidas

Tipo de Red	Numero de muestras	Responsables	Propósito
Bongo	23	María Isabel Criales Sergio Andrés Marchant	Se fijaron en Formol y alcohol con el propósito es establecer la composición taxonómica y estimar la diversidad genética

Tipo de Red	Numero de muestras	Responsables	Propósito
IKMT	44	María Isabel Criales Sergio Andrés Marchant Dalia Barragana	Se fijaron muestras en alcohol y formol con el propósito de establecer la composición taxonómica del macrozooplancton (28 muestras), establecer diversidad genética en Salpas (cinco muestras) y revisar en kril trazas de mercurio (ocho muestras). Adicionalmente se recolectaron tres muestras para uso de docencia.
WP2	30	María Isabel Criales	Se fijaron en formol para establecer composición taxonómica del mesozooplancton.

Preliminarmente en las muestras recolectadas se observan altas densidades de salpas, y bajas densidades de krill y copépodos, lo que sugiere una disminución de estos grupos zooplanctonicos en la Antártica. Debemos realizar análisis de la composición y abundancia de las muestras para confirmar estos resultados preliminares. Sin embargo, se presume que esto puede estar asociado a las altas temperaturas observadas durante el crucero.

Se consolidó el trabajo de cooperación con el Instituto del Mar del Perú, que se desarrolló en conjunto desde el inicio con el préstamo de equipos. Se espera que esta cooperación Internacional con la Universidad continúe promoviéndose el intercambio de estudiantes que puedan visitar por estancias de corto tiempo en el IMARPE. Para esto se debe gestionar y adelantar interinstitucionalmente los convenios Marco de Cooperación.

De igual forma se invitó a los investigadores a unificar información recolectada en el presente crucero que permita consolidar una mejor data para que esta pueda ser publicada en una revista de alto impacto. Esto dependerá de las directrices que los directores del área de zooplancton en IMARPE determinen para esta propuesta.

Se invito al Biólogo Roberto Quesquén del laboratorio de Productividad Secundaria del Instituto del Mar de Perú (IMARPE) para que pueda vía streaming, dictar una charla o conferencia a estudiantes de la Universidad Industrial de Santander en el área de experticia del Biólogo que es Pteropodos.

De igual manera, la universidad en sus políticas de internacionalización contempla que estudiantes de universidades extranjeras puedan asistir y tomar cursos de verano o pasantías que promuevan el intercambio de conocimientos. Por lo que se encuentra abierta la posibilidad de que estudiantes interesados en trabajar tesis de pregrado o maestría en Biología pueden acceder a esta oportunidad.

11. Resultados esperados.

11.1. Composición y abundancia de zooplancton: Se espera conocer la composición actual

del zooplancton y relacionarlo con las variables oceanográficas presentadas durante la presente campaña.

11.2. Diversidad genética: Se espera estimar la diversidad genética de especies presentes en el zooplancton, como salpas, kril y copépodos.

11.3. Concentraciones de mercurio del kril: Estudios previos han mostrado niveles de bioacumulación de mercurio en el kril antártico (*Euphausia superba*), en áreas adyacentes a la Península Antártica, incluyendo aguas subantárticas (e.g. Dos Santos et al. 2006, Seco et al. 2019). Del mismo modo, se han reportado niveles bioacumulación de este elemento en piel y grasa de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (Angel et al. 2018), las cuales basan su dieta principalmente en kril antártico. Por este motivo, se espera encontrar niveles de mercurio en las muestras de kril colectadas a lo largo del Estrecho de Bransfield.

El mercurio tiene tanto un origen natural como antropogénico. Sin embargo, se estima que la mayoría de las emisiones de este elemento (alrededor del 60%), son de origen antropogénico (~2000 ton/año), mientras que ~1000 ton/año son de origen natural (e.g. erupciones volcánicas) (Mason et al. 1994, Camacho et al. 2015). A pesar de que en las zonas Antárticas no hay influencia industrial directa, el mercurio se libera en la atmósfera en forma gaseosa, y se transporta hacia zonas polares por medio de las corrientes de aire (Schroeder et al. 1998, Ebinghaus et al. 2002). Adicionalmente, se cuenta con actividad volcánica activa como en Isla Decepción. En consecuencia, es posible esperar que las muestras de kril recolectadas en inmediaciones de esta Isla, muestren niveles de mercurio más altos respecto a muestras recolectadas en zonas más alejadas de este volcán, como en Isla Elefante.

11.4 Contribuciones al Tratado Antártico: Se espera poder consolidar la cooperación interinstitucional nacional e Internacional con el propósito de hacer la divulgación de los resultados en eventos y publicaciones indexadas.

12. Títulos de publicaciones en curso.

Ninguna hasta el momento, nos encontramos en la fase de análisis en laboratorio.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

Ninguna hasta el momento se tiene proyectado dos publicaciones.

14. Actividades de divulgación.

Se ha participado en una entrevista radial, una entrevista de televisión de la universidad, se

ha hecho divulgación escrita, y se han elaborado dos charlas magistrales una al colectivo de la escuela de biología y la segunda a la comunidad UIS, por el día de la Mujer.

15. Recomendaciones.

Es importante que para el desarrollo de expediciones en cooperación internacional se haga una mejor comunicación y logística con el personal científico y técnico para evitar los contratiempos como el que se presentó en el presente proyecto a bordo del Buque. Debido a la mala comunicación desde un inicio, le significó un gran gasto para el proyecto, que no sirvió de nada porque la Directora Científica de Perú nunca se preocupó por revisar ni verificar las especificaciones del proyecto que iba a subir a bordo por parte de Colombia, ni reviso nunca los requerimientos para garantizar la operatividad de los mismos en el crucero. Por esto es importante que las comunicaciones no sean solo a nivel de cancillería y protocolario sino a nivel de científicos y técnicos de operatividad. Esta omisión en la revisión de las tablas que se enviaron con antelación donde se especificaba los equipos, características y requerimientos se omitió por completo a pesar de que ellos pidieron en varias ocasiones las dimensiones y especificaciones de los equipos que se iban a subir. Esto conllevó a que un objetivo central del proyecto no se pudiera revisar y que se gastará una plata adicional con la que no contaba el proyecto.

Lo segundo que se debe revisar, es que debido a las fechas en que se presentan las expediciones debe garantizarse un personal de apoyo en Colombia que pueda colaborar a todos los expedicionarios en la parte logística y no como ocurrió que los profesionales encargados se quedaron sin contrato y no se entendieron más del asunto y la teniente a cargo en Tierra se fue de curso de ascenso y dejó todo a la suerte de los investigadores que estábamos en la expedición en ese momento. Esto conllevó una mala imagen y falta de previsión al no contar con el apoyo desde Colombia con las entidades oficiales y canales respectivos al final fue la cancillería peruana quien coordinó nuestro desembarco lo cual no debió pasar nunca, es importante que los expedicionarios representan un país y no pueden ser dejados abandonados a su suerte por esta falta de coordinación.

16. Bibliografía.

Angel-Romero PA, Barragán-Barrera DC, Botero-Acosta N, Riet-Sapriza F, Caballero S & Luna-Acosta A (2018) Mercury concentrations in wild humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) sampled in the Colombian Pacific and the Antarctic Peninsula. Annual report of the International Whaling Commission. SC/67b/E/09.

Camacho A, Rochera C, Hennebelle R, Ferrari C & A Quesada (2015) Total mercury and methyl-mercury contents and accumulation in polar microbial mats. Science of The Total Environment. 509, 145-153.

Dos Santos, IR, Silva-Filho EV, Schaefer C, Sella SM, Silva CA, Gomes V, ... & P Van Ngan (2006) Baseline mercury and zinc concentrations in terrestrial and coastal organisms of Admiralty Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*. 140(2), 304-311.

Mason RP, Fitzgerald WF & FMM Morel (1994) The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 58, 3191-3198.

Seco J, Xavier JC, Coelho JP, Pereira B, Tarling G, Pardal MA, Bustamante P, Stowasser G, Brierley AS & ME Pereira (2019) Spatial variability in total and organic mercury levels in Antarctic krill *Euphausia superba* across the Scotia Sea. *Environmental Pollution*. 247, 332-339.

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **María Isabel Criales Hernández**
Institución: **Universidad Industrial de Santander**
Cargo: **Profesor Planta**
Correo: **mcriales@uis.edu.co**
Teléfono: **310 800 3688**

Revisado por:

Nombre: **Sergio Andrés Marchant**
Institución: **Universidad Industrial de Santander**
Cargo: **Profesor Planta**
Correo: **seanmaro@uis.edu.co**

Nombre: **Dalia C. Barragán-Barrera**
Institución: **Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe CIOH-DIMAR**
Cargo: **Investigadora Postdoctoral**
Correo: **daliac.barraganbarrera@gmail.com**
Teléfono: **311 400 3370**

Nombre: **Teniente de Navío Julián Quintero**
Cargo: **Oficial Marino de la Armada Nacional de Colombia**
Cargo: **Investigador CIOH-DIMAR**
Correo: **julianquintero7@hotmail.com**

Anexo 2

Proyecto Colombiano de Arte en la Antártica 2019 - 2020 Etapa III, “Atlas de un Continente que no existe”

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Artes Plásticas y Visuales	Bellas Artes	Cambio climático, calentamiento global, cartografías

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Santiago Vélez Salamanca	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto Colombiano de Arte en La Antártida - Fundación Viajelogía 	<ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento a Isla Greenwich, base Pedro Vicente Maldonado de Ecuador. - Trabajo de campo en islas aledañas: Isla Cecilia, Isla Barrientos, Isla Dee - Trabajo de campo en Isla Greenwich, ensenada de Guayaquil y al rededores - Visita base Prat de Chile Toma de fotografías, registro y grabación en video, acciones performáticas en el espacio, construcción visual de intervenciones efímeras con luz, elaboración de objetos con recursos de la base: papel, alambre, piedras.

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Investigadores	Entidad	Actividades
20 de enero de 2020	Llegada a la base: salida desde Punta Arenas en avión Hércules de la Fuerza Aérea Colombiana hasta la Isla Rey Jorge, allí se tomó el Buque Marino Fuentealba de la armada chilena	Muy buena puntualidad en cada uno de los transportes, cálido recibimiento y atenciones.

Investigadores	Entidad	Actividades
21 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Inducción sobre la Base PEVIMA y especificaciones. - Salida a la Isla Torre o Isla Cecilia en bote y acompañamiento a compañero científico en la recolección de muestras. - Toma de registros fotográficos y de video 	Primeros encuentros con el lugar, el entorno, la fauna y la flora. Primeras tomas fotográficas y un video que puede ser útil.
22 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Salida Isla Barrientos - Salida base del glaciar por el lado del mar desde la base - Toma de registros fotográficos y de video 	Se realizaron fotografías de las acciones de los compañeros científicos, tanto en la toma de muestras rocosas con el sembrado de veletas en la ensenada.
23 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Grabaciones de las instalaciones de PEVIMA - Tomas fotográficas de los espacios y las personas que habitan la base - Realización de podcast a Iván Vallejo 	Hubo mucha lluvia y el tiempo se aprovechó realizar actividades dentro de la base.
24 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Visita a Isla Dee - Toma de registros fotográficos y de video 	Fuimos en bote y la previsión de los navegantes fue excelente.
25 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Recorrido por la Punta Fort William - Toma de registros fotográficos y de video - Realización de podcast a Fernando Romero 	Sin novedades
26 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Domingo, descanso. - Registro fotográfico y de video de las actividades dentro de la base 	Sin novedades
27 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Primeros acercamientos plásticos, acciones performáticas y registro en video de las acciones en la punta Fort William - Ensayo de trazar un mapa con la radiación utilizando un mapa de alambre de color azul sobre la nieve - Realización de tomas fotográficas de carácter artísticos a las 2:00 a.m. 	El clima de la tarde hizo que las acciones duraran poco tiempo Completo apoyo de los técnicos de la base para el cumplimiento de las actividades
28 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de tercer podcast a Jorge Nath - Repetición de acciones performáticas en punta Fort William - Revisión de mapa con radiación - Realización de tomas fotográficas nocturnas a las 11:00 p.m. 	Sin novedades específicas. Completo apoyo de los técnicos de la base para el cumplimiento de las actividades.
29 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Visita a base Prat y toma fotográfica de las instalaciones - Realización de video en la confluencia del nacimiento del río culebra y el deshielo del glaciar 	Sin novedades específicas. Completo apoyo de los técnicos de la base para el cumplimiento de las actividades.

Investigadores	Entidad	Actividades
30 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de otro video en la confluencia del nacimiento del río culebra y el deshielo del glaciar - Revisión de mapa con radicación - Realización de tomas fotográficas nocturnas a las 10:00 p.m. - Estudio de barra de medición de descongelamiento del glaciar 	Sin novedades específicas. Completo apoyo de los técnicos de la base para el cumplimiento de las actividades.
31 de enero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de mapa en la nieve - Últimos estudios y medida de barra de medición de descongelamiento del glaciar - Informes 	Sin novedades específicas.
1 de febrero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Abordaje del Buque Aquiles de la Armada Chilena 	Nos recogieron en la tarde del domingo y pasamos la noche en el barco
2 de febrero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Desembarco en la Isla Rey Jorge a la media noche y llegada a la base Escudero 	Estuvimos en la base Escudero en espera del avión brasilero que inicialmente nos recogería este lunes pero que finalmente no llegó
3 de febrero de 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Ida a Punta Arenas a bordo de un avión Hércules de la Fuerza Aérea Brasilera 	Llegada al hostel que tenía preparado el equipo ecuatoriano

4. Otras entidades participantes.

Fundación Viajelogía. Fundación Cultural que cofinanció la participación del investigador y además es la encargada de la difusión de las actividades asociadas al proyecto.

www.viajelogia.org

5. Objetivo general del proyecto.

Desarrollar el PROYECTO COLOMBIANO DE ARTE EN LA ANTARTIDA, el cual tiene como fundamento la inclusión de disciplinas artísticas y culturales dentro de las investigaciones que se llevan a cabo año a año en las misiones colombianas en el continente blanco y con el objeto de estudio titulado Atlas de un Continente que no existe.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Acercamiento a la experiencia científica y artística como lenguajes comunes de investigación.
- Reconocimiento territorial y contextual del continente, sus bases y personas que lo habitan.

- Realización de entrevistas, tomas fotográficas, realización de videos, obras performáticas, acciones artísticas y piezas de arte (dibujo, pintura, escultura, etc.)
- Construcción de un inventario de posibilidades formales para las posteriores exhibiciones en galerías y museos.
- Hacer acercamientos a disciplinas como la oceanografía, la geología, la glaseología, la física, la óptica y el montañismo que eran los oficios de los otros investigadores de la base, en correlación con las artes plásticas y visuales.
- Acercar, por medio del lenguaje artístico, la sociedad colombiana a la Antártida, dentro sus características únicas como continente prístino y haciendo énfasis en emprendimiento que Colombia está haciendo allí.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

- Avión Hércules de la Fuerza Aérea Colombiana: traslado Punta Arenas Isla Rey Jorge
- Buque Marinero Fuentealba: traslado isla Rey Jorge a Isla Greenwich
- Base Pedro Vicente Maldonado (Ecuador): estancia
- Base Capitán Arturo Prat: visita
- Buque Aquiles: traslado de Isla Greenwich a Isla Rey Jorge
- Base Profesor Julio Escudero: Alojamiento transitorio mientras salíamos
- Avión Hércules Fuerza Aérea de Brasil: Traslado Isla Rey Jorge a Punta Arenas

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

Todas las actividades se realizaron en cabeza del investigador principal, el artista Santiago Vélez. El apoyo está concentrado en las actividades de producción de obra y difusión de contenidos por parte de la Fundación Viajelogía.

El equipo técnico utilizado consta de 2 cámaras fotográficas, una cámara de video de acción GoPro y un computador MacBook Pro.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

- Insumos para la creación artística posterior a la inmersión en el lugar que constan de fotografías, videos, entrevistas, registro de acciones artísticas performáticas (uso del cuerpo) e intervenciones efímeras en los espacios recorridos.

- Realización de bocetos en dibujo y acuarela, toma de datos y medidas para creación de objetos escultóricos.
- Construcción y proyección de obras como resultado de la experiencia en la base y en el continente.

10. Resultados preliminares.



Toma fotográfica nocturna creando un mapa



Creación de mapa con radiación



Creación de obra fotográfica: así muere un glaciar, así nace un río



Creación de intaglios sobre piedra



Boceto en acuarela

11. Resultados esperados.

Se proyecta la realización de una serie amplia de obras de arte que contemplan la escultura, la instalación, el videoarte, la fotografía, el dibujo y la pintura. Se estima que en total serán unas 40 obras asociadas a la investigación.

12. Títulos de publicaciones en curso.

- Exposición Atlas de un continente que no existe. Galería Lokkus de la ciudad de Medellín. (Aplazada por la declaración de emergencia en el país).
- Exposición Atlas de un continente que no existe. Museo de Arte de Jericó Antioquia. Octubre de 2020
- Exposición Antártica con Natalia López, Museo del Agua de EPM de Medellín, fecha por confirmar

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

Ninguna

14. Actividades de divulgación.

- Conversatorio entorno a la experiencia en el Museo de Arte Moderno de Medellín. (Aplazada por la declaratoria de emergencia en el país)
- Difusión en Redes Sociales:



Santiago Vélez
24 de marzo a las 13:04

#Repost @viajelogia

En el verano austral, cuando la #Antártida se deshela, el paisaje cambia drásticamente de un blanco resplandeciente a una amplia gama de marrones. Cuando la nieve y el hielo desaparecen, se hacen visibles kilómetros de tierra y rocas, pero no se ve ni un árbol ni una flor. En este gran desierto, la vegetación predominante, además de algas, musgos, hongos y helechos, es una especie que llama poderosamente la atención de los científicos: el #liquen.

Los líquenes son los vegetales mejor adaptados a la climatología antártica, están constituidos por un hongo y un alga unidas simbióticamente. Son especialmente sensibles a la contaminación atmosférica y los biólogos las utilizan como indicadores de la degradación ambiental, como bio-métrica para el estudio de las deglaciaciones anteriores (los científicos pueden conocer cuando se produjo el retroceso de los glaciares), y se estima que podrían tener aplicaciones en medicina gracias a ciertos compuestos químicos que producen.

Los líquenes son sumamente resistentes y capaces de sobrevivir en condiciones extremas, pero no sólo sobreviven, sino que prosperan en condiciones extremas. Hace unos años, la Agencia Espacial Europea lo envió al espacio, donde cualquier organismo normal moriría al momento sin embargo ellos sobrevivieron. En esta crisis sanitaria mundial, seamos todos un poco más "líquenes", sobrevivamos pero sobre todo prosperemos. #quedateencasa.

Todos estos días queremos invitarte a #viajardesdecasa y a #conocersinir porque es muy importante que nos cuidemos los unos a los otros. Este viaje forma parte de nuestro programa #radicantes. Si quieres información escríbenos a proyectos@viajelogia.org

@santiago.velez.s

#Antarctica #liquen #landscape #vegetation #resistance #wildlifetravel #wildlifetraveler #polartravel #expedition #wildlifephotography #nature #polarlandscape #Antarctic #travel #viaje #proyectocolombianoaarteenaantartida @mincultura @programaantartico colombiano @antarticoec





Santiago Vélez
25 de marzo a las 11:25

#Repost @viajelogia

Una mañana salimos a pasear temprano por la Isla Greenwich y de pronto nos topamos con este maravilloso pedazo de glaciar que seguramente se desprendió de uno de los que estaban en frente, al lado de la Base Prat de Chile. ¡Qué belleza! Por dentro es azul y de cerca se ven las burbujitas diminutas de oxígeno que quedaron atrapadas en su interior. Corrimos a abrazarlo y a besarlo ¡es divino! Cogimos un bloque pequeño, como de 20 cm, y nos tomamos un whisky con hielo milenario. La verdad es que no sabía distinto pero fue un momento tan especial... verlo ahí, en nuestro vaso, con su forma tan irregular y lleno de partículas de oxígeno ¡qué lindo el hielo así! ¡qué linda el agua así!

El caparazón de hielo que cubre la #antártida tiene espesores entre dos y tres kilómetros, algunas zonas están apoyadas en tierras más bajas que el nivel del mar, lo que hace que el hielo sea más vulnerable porque está atacado por el calentamiento atmosférico en su parte superficial y por el calentamiento del océano en su parte de abajo. El cañón terrestre más profundo del mundo se encuentra bajo el glaciar Denman, en la Antártida Oriental. Según los cálculos de los científicos, está a 3.500 metros bajo el nivel del mar, por lo tanto es el punto más profundo en tierra.

Tomarse un whisky con hielo milenario en la Antártida puede ser igual de especial que tomarte un café calentito en casa estos días, todo depende de la actitud que le pongamos al momento, por eso queremos invitarte a que vivas los pequeños placeres diarios de la manera más intensa y sabrosa que puedas. #quedateencasa



Santiago Vélez
26 de marzo a las 10:24

#Repost @viajelogia

Durante el verano austral, las noches de la #antártida son una misteriosa incógnita, no oscurece del todo nunca y un profundo azul se apodera del paisaje. Una de esas noches salimos a caminar entre bruma y niebla por los alrededores de la base ecuatoriana, caminábamos sigilosos, dando cada paso con precaución por la poca visibilidad que había. Mientras tomábamos fotografías para nuestra investigación, cerca de la orilla escuchamos un estremecedor rugido que nos paralizó: era un elefante marino macho que medía unos 4 metros y que debía pesar aproximadamente 3 toneladas.

Aunque los elefantes marinos pasan el 90% de su tiempo en el agua, durante la temporada de apareamiento migran hasta las costas donde nacieron. Realizan inmersiones de hasta media hora, bajando en ocasiones hasta 1000 metros para buscar alimento. Para poder ver bien en las profundidades tienen los ojos muy grandes. En tierra, unos pocos machos monopolizan la fecundación después de competir agresivamente para convertirse en el macho dominante del "harem". Las hembras se amontonan en el suelo y se revuelcan en el barro permaneciendo así unos 30 o 40 días. -

A veces toca esperar a que el ciclo natural de las cosas termine. Estos días "espachúrrate" en casa como esta hembra de elefante marino a esperar el día en que puedas volver a nadar. #quedateencasa.

Todos estos días queremos invitarte a #viajardesdecasa y a #conocersinir porque es muy importante que nos cuidemos los unos a los otros. Este viaje forma parte de nuestro programa #radicantes. Si quieres

Todos estos días queremos invitarte a #viajardesdecasa y a #conocersinir porque es muy importante que nos cuidemos los unos a los otros. Este viaje forma parte de nuestro programa #radicantes. Si quieres información escríbenos a proyectos@viajelogia.org

@santiago.velez.s

#antarctica #iceberg #landscape #ice #wildlifetravel #wildlifetraveler #polartravel #expedition #worldtrip #keepitwild #explorettheworld #wildlifephotography #nature #polarlandscape #antarctic #travel #viaje #proyectocolombiano dearte en la antártida @mincultura @programaantarticocolombiano @antarticoec

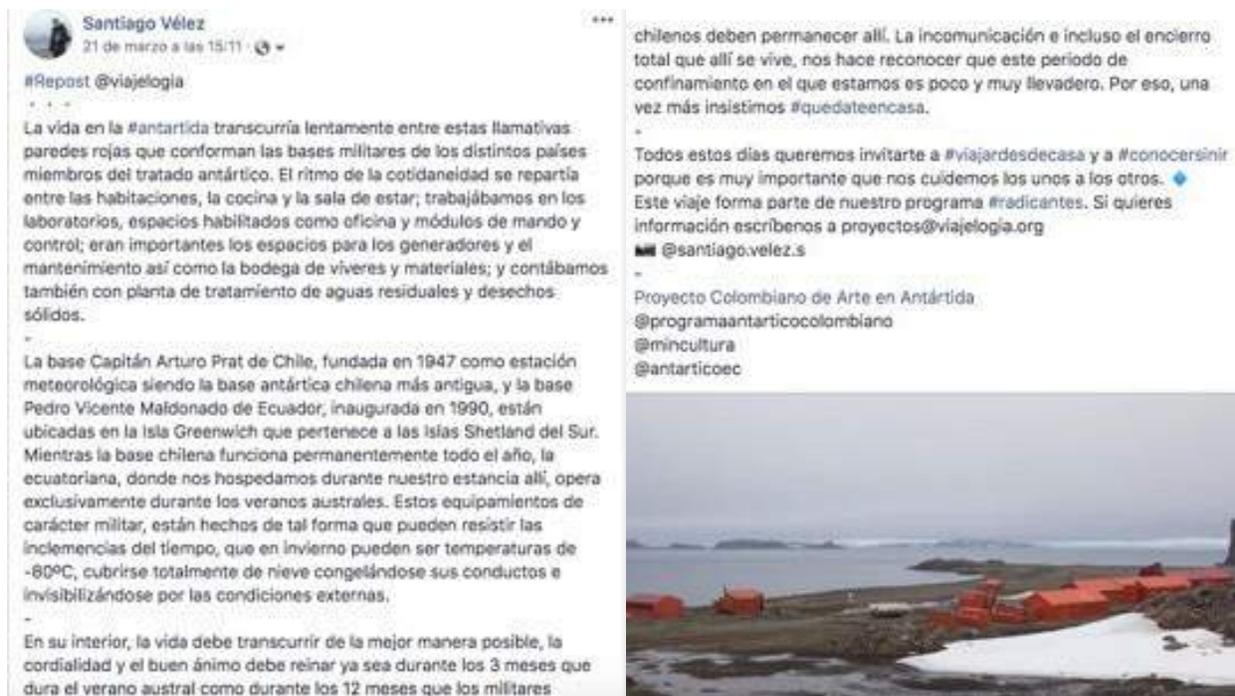


información escríbenos a proyectos@viajelogia.org

@santiago.velez.s

#antarctica #elefantomarino #elephantseal #seal #seallover #wildlifetravel #wildlifetraveler #polartravel #expedition #worldtrip #keepitwild #explorettheworld #wildlifephotography #nature #polarlandscape #antarctic #travel #viaje #proyectocolombiano dearte en la antártida @mincultura @programaantarticocolombiano @antarticoec





15. Recomendaciones.

- La única recomendación es la de mantener activa la participación de artistas plásticos en estas investigaciones ya que nuestra forma de acercarnos a las experiencias en torno a los procesos que allí suceden, aportan un valor simbólico estético de mucho valor. Tanto es así que los logísticos, el Capitán de la Base Maldonado y los otros científicos lo manifestaron constantemente.
- Lo otro es felicitarlos por esta labor tan maravillosa tanto para nuestro país como para la ciencia mundial.

16. Bibliografía.

Schalansky, Judith. Atlas de Islas remotas. Editorial Nórdica libros.

Middleton, Nick. Atlas de países que no existen. Editorial Geoplaneta, 2016

Le Carrer, Olivier. Atlas de los lugares malditos. Editorial Geoplaneta, 2016

De Tocqueville, Aude. Atlas de las ciudades desaparecidas. Editorial Geoplaneta, 2015

Lanni, Dominique. Atlas de los lugares soñados. Editorial Geoplaneta, 2016

<https://www.surpolar.org/artistas-artists/>

<http://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/antarctic-arts-fellowship>

<https://www.nsf.gov/geo/opp/aawr.jsp>

<http://www.antarcticbiennale.com/category/project/>

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Santiago Vélez Salamanca**

Cargo: **Investigador Principal - Artista**

Correo: **santiagovelezs@gmail.com**

Teléfono: **312 791 0997**

Anexo 3

Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje antártico a partir de la teledetección de pastos, líquenes y musgos en la Isla Livingston, Antártica

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Geografía, hidrografía y cartografía	Geografía y cartografía	Geomática
Biodiversidad de organismos antárticos	Biología	Caracterización de la biodiversidad

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Natalia Jaramillo	Universidad de los Andes	Piloto de Drone, programadora de planes de vuelo, recolección de muestras y análisis de datos espaciales.
Jeisson Alonso Riaño	Universidad de los Andes	Levantamiento de vegetación en campo, análisis, procesamiento de muestras y análisis de imágenes para la detección de coberturas

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Se realizó la visita a la estación St. Kliment Ohridski de Bulgaria en la Isla Livingstone, a través de la modalidad de país cooperante, para evaluar la cobertura del suelo a partir de sensores remotos y trabajo de campo, en áreas de importancia biológica próximas a la estación base de Bulgaria y Hanna Point en la isla Livingston.

Durante 29 días de trabajo en campo se realizó el levantamiento fotogramétrico empleando RPAS a partir de múltiples planes de vuelo sobre las coberturas de interés en tres áreas de la isla Livingstone (Base St. Kliment Ohridski – Mongolian data MET y Hanna Point). La elección de estas zonas de estudio correspondió a observaciones previas que documentaron la presencia de vegetación objeto de esta investigación a partir de tres criterios principales: presencia de pastos y líquenes antárticos, accesibilidad y variación

del terreno. Adicionalmente, el área elegida no hace parte de las zonas ambientalmente protegidas en las que existen. En cada zona se colectaron muestras de líquenes y vegetación antártica, se registraron puntos geodésicos y se consolidaron los modelos parciales del terreno en campo.

De manera paralela, se llevaron a cabo encuentros con equipos científicos de las bases St. Kliment Ohridski (Bulgaria), Bellingshausen (Rusia) y Great Wall (China), para divulgar el objeto del proyecto, explorar intereses de cooperación entre investigadores, y resaltar la participación de Colombia en materia de investigación antártica.

4. Otras entidades participantes.

Instituto Panamericano de Historia y Geografía (IPGH) quien participa como entidad cofinanciadora de la investigación, en el marco de los programas de asistencia técnica-PAT 2020.

5. Objetivo general del proyecto.

Evaluar la transformación del paisaje antártico por la presencia de pastos, líquenes en el área circundante a la base científica base búlgara St. Kliment Ohridski, ubicada en la Isla Livingston, Antártica.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Obtener un levantamiento de datos geoespaciales a partir del uso del RPA en el marco de la VI expedición de Colombia a la Antártida.
- Realizar el modelo tridimensional a partir de las imágenes tomadas con el RPA.
- Mapear la composición del paisaje Antártico por la presencia de líquenes y vegetación antártica basados en las firmas espectrales.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

Los objetivos específicos se desarrollaron en modalidad de país cooperante, en la estación científica St. Kliment Ohridski de Bulgaria. En particular, en esta base de desarrollaron los objetivos específicos relacionados con el levantamiento geoespacial de las zonas de muestreo y el procesamiento parcial in silico de los datos obtenidos.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

El equipo de investigación está liderado por el Dr. Luis Sánchez Ayala de la Facultad de

Historia de la Universidad de los Andes, en el grupo de sensores remotos, cuyos enfoques de investigación giran alrededor del dominio y entendimiento del espacio, tanto en su dimensión física como social, para obtener las herramientas e información necesarias que nos permitan mayor claridad y entendimiento al abordar las relaciones socioespaciales. Para esto se parte del reconocimiento de diferentes contextos y dinámicas territoriales para visibilizar las múltiples formas de ocupación, uso y apropiación espacial a diferentes escalas. De forma puntual, las líneas de investigación se relacionan a: conflicto y territorio, movilidad humana, límites y fronteras, y conservación de la naturaleza y modos de vida.

Desde el equipo de investigación, la investigadora Natalia Jaramillo Machuca Historiadora y estudiante de Maestría en Geografía de la Universidad de los Andes. Piloto de avión y de aeronaves remotamente tripuladas (Drones) con cinco años de experiencia en ambientes extremos. Investigadora del Programa Antártico Colombiano y la Universidad de los Andes en las áreas de Historia y Cartografía de precisión con drones. Ha sido Asesora de la Comisión Colombiana del Océano, investigadora en cinco de las seis expediciones de Colombia a la Antártida, miembro de la Comisión Permanente de Ciencias Sociales y Humanidades del Comité Científico para la Investigación Antártica, profesora de cátedra de la Universidad de los Andes e investigadora en el área de historia institucional del Servicio Geológico Colombiano y la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Es la autora del libro Colombia Antártida Memoria Expedicionaria. Hace parte del grupo de investigación Geografías del Poder, de la Universidad de Los Andes, donde se desempeña como investigadora en los proyectos “Implementación de RPAS para la obtención de datos geoespaciales y levantamiento de cartografía de precisión en la península antártica”, y “Uso de RPAS para el análisis de la transformación del paisaje Antártico a partir de la detección de líquenes, pastos y musgos antárticos” financiado por el Programa de Asistencia Técnica 2020 del Instituto Panamericano de Geografía e Historia de la OEA.

El investigador Jeisson Alonso Riaño es Biólogo de la Universidad Militar Nueva Granada y Magíster en Geografía de la Universidad de los Andes, e Investigador del Programa Antártico Colombiano en las áreas de Historia y Cartografía de precisión con drones. Tiene 9 años de experiencia como investigador en temas de biodiversidad, transformación del paisaje, sostenibilidad ambiental y cambio climático, articulando los impactos de las actividades humanas y silvestres sobre la superficie terrestre. Actualmente se desempeña como investigador de proyecto en el grupo de sensores remotos de la Facultad de Historia en la Universidad de los Andes, con la misión de detectar cambios en la cobertura del suelo de una región Antártica y su potencial relación con la avifauna austral y el cambio climático, financiado por el Programa de Asistencia Técnica 2020 del Instituto Panamericano de Geografía e Historia de la OEA.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Registro de datos en campo

Se realizaron transeptos a lo largo de la zona de estudio en cuadrantes de 5 m x 5m. Se tomaron muestras representativas de líquenes, muestras vegetales de cada sitio de muestreo. Adicionalmente, se registró utilizando un GPS cada punto de muestreo (Base Búlgara, Hanna Point y Mongolian data MET) en donde se evidenció cambios en la cobertura del suelo. Esta información se complementó con registros fotográficos para identificar preliminarmente los grupos taxonómicos de líquenes y musgos presentes en la zona de estudio.

Las muestras obtenidas se conservaron en una prensa botánica durante 5 días y posteriormente analizadas y embaladas para su conservación. Para su identificación, se utilizaron las guías taxonómicas para especies antárticas (Spielmann & Pereira., 2012).

Plan de vuelo y almacenamiento de datos

Se realizó de la preparación de la ruta que el RPA deberá seguir de acuerdo con las condiciones meteorológicas y el acceso a las zonas de muestreo, con base en la metodología seguida por Cryderman & Mah., (2015). Utilizando el software PIX4D, se realizó el plan de vuelo para obtener las imágenes que permiten construir el ortomosaico y evaluar cambios en el paisaje. Se utilizó un equipo cuadricóptero de referencia Mavic pro para realizar los vuelos y capturar el conjunto de imágenes necesarias para el análisis.

Procesamiento de datos

Las imágenes geo-referenciados se procesaron en el software Agisoft Metashape para la construcción del modelo tridimensional del terreno y la composición de la nube de puntos. Esta información se complementó con los puntos de referencia registrados en campo, para obtener un modelo ajustado y geográficamente corregido. El Análisis de la transformación del paisaje se realizará en el software ENVI y ArcGIS, para seleccionar las firmas espectrales asociadas a los grupos taxonómicos de musgos y líquenes en la región Antártica. Con base en la matriz espectral de la superficie, se empleará el algoritmo de procesamiento automático Monte Carlo (AutoMCU), que entrega un análisis cuantitativo del porcentaje de cobertura del suelo, así como suelo expuesto en cada píxel de la imagen. Este método de procesamiento tiene mejores resultados para detectar cambios en la cobertura, con un alto nivel de confiabilidad, entre el 80% y 93%, en comparación con otros algoritmos como análisis por vecino cercano, y con otros métodos de clasificación (Arjasakusuma et al., 2018). Con esta información, se obtendrán mapas binarios para los grupos de musgos y líquenes y establecer la distribución espacial y su relación con procesos de deshielo de la superficie.

Socialización del proyecto

Se realizaron 3 charlas informativas con el propósito de divulgar el objeto de la investigación,

fortalecer lazos de cooperación entre investigadores antárticos y visibilizar los esfuerzos de investigación que adelanta Colombia en materia polar. Estas charlas se realizaron en la base de Bulgaria, en la estación China Great Wall, y en la estación Rusa Bellingshausen.

10. Resultados preliminares.

A partir del procesamiento in silico de las imágenes capturadas, se realizó el levantamiento tridimensional de las zonas de muestreo. En la imagen 1 que corresponde a la zona de Hanna Point, e imagen 2 estación Búlgara, se observa la cobertura vegetal asociada a pastos (*Deschampsia antarctica* - imagen 3), y (*Colobanthus quitensis*- imagen 4). El pasto antártico crece solamente en lugares protegidos de los vientos, por esa razón forman pequeñas áreas diseminadas o aisladas. El clavelito antártico, busca zonas con condiciones de humedad más altas. Además, la actividad ornitológica de especies como el Petrel gigante antártico (*Macronectes giganteus*), el salteador pardo (*Catharacta antarctica*), y colonias de pingüinos como (*Pygoscelis papua*) y (*Pygoscelis antarcticus*). Estas especies han transformado paulatinamente las concentraciones de nitrógeno como subproducto de las actividades metabólicas, alterando la composición del suelo y permitiendo la colonización de estas especies vegetales (Abakumov & Andreev., 2011).

Imagen 1: Ortomosaico de la zona de muestreo Hanna Point para el año 2020.



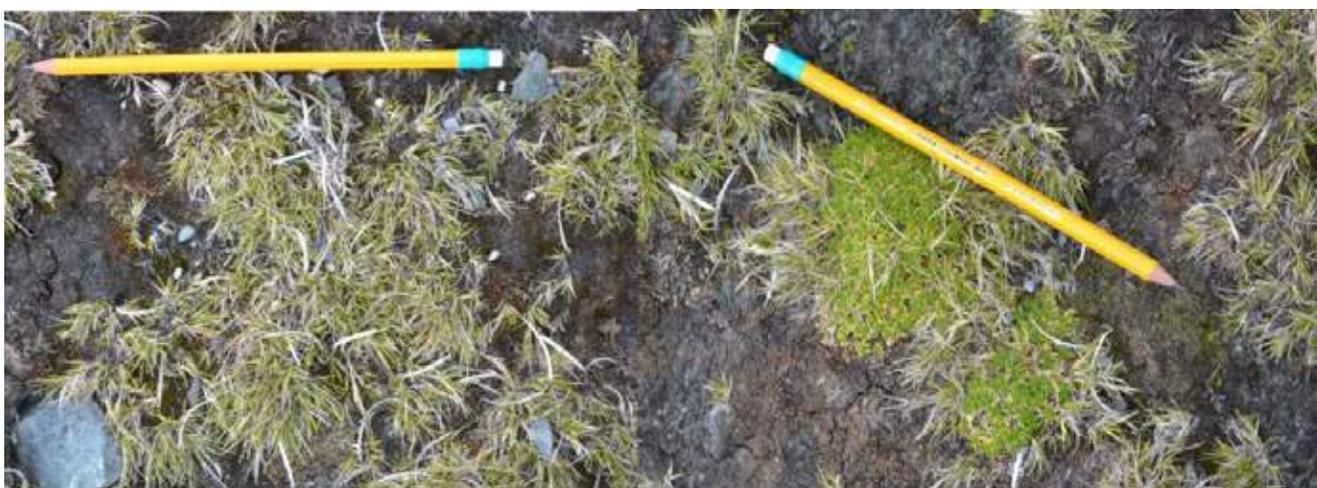
Se observan parches de anidación de pingüinos *Pygoscelis papua* (Color púrpura), y un parche de vegetación que se incrementa a medida que más colonias de aves utilizan estos hotspots para actividades reproductivas y de forrajeo.

La imagen 2 indica parches de vegetación que han surgido por la actividad reproductiva de (*Macronectes giganteus*), y (*Catharacta antarctica*) que transportan y almacenan en los sitios de anidación restos de conchas, y material orgánico que aportan nutrientes a la delgada capa de suelo que se va formando en cada estación reproductiva.

Imagen 2: Ortomosaico de la zona de muestreo Base Bulgaria St. Kliment Ohridski para el año 2020.



*Imagen 3 y 4: (*Deschampsia antarctica*) y (*Colobanthus quitensis*)*



Aunque los parches de vegetación no suelen ser más extensos de los 100mts, esta evidencia indica la formación de pequeños ecosistemas originados por la actividad ornitológica en un ecosistema polar (Newsham & Robinson., 2009). En la imagen 5 se observa los vestigios de varios nidos y el material calcáreo depositado por las aves.

Imagen 5: Restos de conchas y material óseo empleado para la construcción de nidos.



Con respecto a los líquenes detectados en las zonas de muestro, a continuación, se indican algunos de los registros obtenidos:

Imagen 6: Liqen Usnea antartica en la isla Livingstone, Base Bulgaria.



Imagen 7: Liquen Usnea aurantiaco en la isla Livingstone, Base Bulgaria.



11. Resultados esperados.

Con base en los modelamientos de cada zona de muestreo para el año 2020, se espera integrar información espacial anterior a partir de imágenes satelitales para modelar cambios en la cobertura vegetal de estos hotspots. Adicionalmente, se espera obtener imágenes de alta resolución a bordo de RPAS con base en la participación en futuras expediciones antárticas.

A partir de datos multiespectrales de cada zona de estudio se construirá un modelo de reconocimiento automático de coberturas vegetales, basados en información radiométrica y trabajo de campo. Esto permitirá reconocer las coberturas vegetales en zonas de difícil acceso y reconocer el surgimiento de nuevos parches de vegetación, asociados a la actividad de fauna en la zona.

12. Títulos de publicaciones en curso.

Transformación del paisaje antártico por la actividad ornitológica en inmediaciones de la estación de Bulgaria St. Kliment Ohridski y Hanna Point, isla Livingstone- Antártida.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

Ninguno

14. Actividades de divulgación.

- IV International scientific and practical conference, dedicated to the 200th anniversary of the Antarctica Discovery.
- Encuentro de investigaciones a partir del uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica del grupo UASIG, Universidad de los Andes.

15. Recomendaciones.

Para mejorar la participación y comunicación de los investigadores antárticos en estaciones o buques de países cooperantes, se sugiere implementar un operador logístico o personal capacitado que gestione la llegada de los investigadores y el desplazamiento desde puerto a la base antártica. Este cargo es esencial para gestionar con los comandantes de base de otros países, la llegada, salida e información relevante sobre cambios de los vuelos o cancelaciones por condiciones meteorológicas. Esto contribuye a mantener canales oficiales entre los países cooperantes que reciben investigadores colombianos.

16. Bibliografía.

Arjasakusuma, S., Kamal, M., Hafizt, M., & Forestriko, H. F. (2018). Local-scale accuracy assessment of vegetation cover change maps derived from Global Forest Change data, ClasLite, and supervised classifications: case study at part of Riau Province, Indonesia. *Applied Geomatics*, 10(3), 205-217. doi:10.1007/s12518-018-0226-2

Abakumov, E. V., Andreev, M. P. (2011): Temperature regime of humus horizons of the King-George Island, Western Antarctica. *Biological Communications*.

Cryderman, C., & Mah, S. B. (2015). Implementation of an unmanned aerial vehicles system for large scale mapping. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-1/W4 , 45-54.

Newsham, K.K., Robinson, S.A., 2009. Responses of plants in polar regions to UVB exposure: a meta-analysis. *Global Change Biology* 15, 2574–2589.

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Jeisson Alonso Riaño Q**
Institución: **Universidad de los Andes**
Cargo: **Investigador**
Correo: **ja.rianoq@uniandes.edu.co**
Teléfono: **316 276 5580**

Anexo 4

Aislamiento, caracterización y estudio del metabolismo secundario de microorganismos procedentes de sedimentos marinos de la Antártica (Isla Nelson y Rey Jorge)

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Microbiología	Metabolismo secundario de microorganismos Antárticos	Productos naturales

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Hernando José Bolívar	Universidad Simón Bolívar (Barranquilla)	Trabajo de campo, procesamiento de las muestras y aislamiento de microorganismos
Hernando Sánchez Moreno		Procesamiento de las muestras
Zamira Soto Varela		Procesamiento de las muestras
Yani Aranguren		Procesamiento de las muestras
Elwi Machado		Procesamiento de las muestras
Diego Villate	Escuela Naval de Suboficiales ARC Barranquilla	Análisis de sitios de muestreo
Rosa Duran	Universidad de Cadíz España	Estudio de metabolismo secundario y aislamiento de moléculas con actividad biológica
Josefina Aleu		
Javier Moraga		
Inmaculada Izquierdo		
Cristina Pinedo		

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Se tomaron 17 puntos de muestreo que se describen a continuación:

Muestra 1: Punto ubicado en la parte posterior de la base Ferraz: 62° 4' 58". 465" S 58° 23' 42.502" W. Es suelo de una pequeña colina de elevación de 45 m.

Muestra 2: Esta muestra es de sedimento marino (playa al lado de la base Ferraz), donde desemboca un pequeño arroyo de agua dulce: 620 4' 50". 832" S 580 23' 36. 995" W.

Muestra 3: Esta muestra es de sedimento marino (playa al lado de la base Ferraz): 620 4' 54". 416"S 580 23' 31. 030" W.

Muestra 4: Esta muestra es de una colina de la playa al costado de la base: 620 4' 37.548"S 580 23' 47.467" W.

Muestra 5: Arroyo que baja a la playa 620 4' 41" .345" S 580 23' 42. 091" W.

Muestra 6: Orilla de playa detrás de la estación: 620 4' 44". 204" S 580 23' 40. 490" W.

Muestra 7: Orilla de playa detrás de la estación: 620 5' 19". 637" S 580 23' 49. 948" W.

Muestra 8: Orilla de playa seca detrás de la estación: 650 5' 17". 922" S 580 23' 45. 465" W.

Muestra 9: Playa al lado de la estación con marea baja, se observa sedimento fino: 620 5' 12".369" S 580 23' 29. 146" W.

Muestra 10: Arroyo de agua dulce cerca del refugio ecuatoriano, sedimento fino Base Ecuador 1.

Muestra 11: En la última playa sobre un arroyo que va hacia al mar (del glaciar): 620 3' 43". 638" S 580 24' 49.041" W.

Muestra 12: Arroyo de sedimento con coloración amarilla: 620 5' 12" .369" S 580 23' 29. 146" W.

Muestra 13: Salida de un arroyo de un cerro cubierto de nieve (el agua es de color amarillo): 620 4' 15".969" S 580 22' 31. 449" W.

Muestra 14: Sedimento de playa costado derecho: 620 4' 15" .963" S 580 22' 31. 438" W.

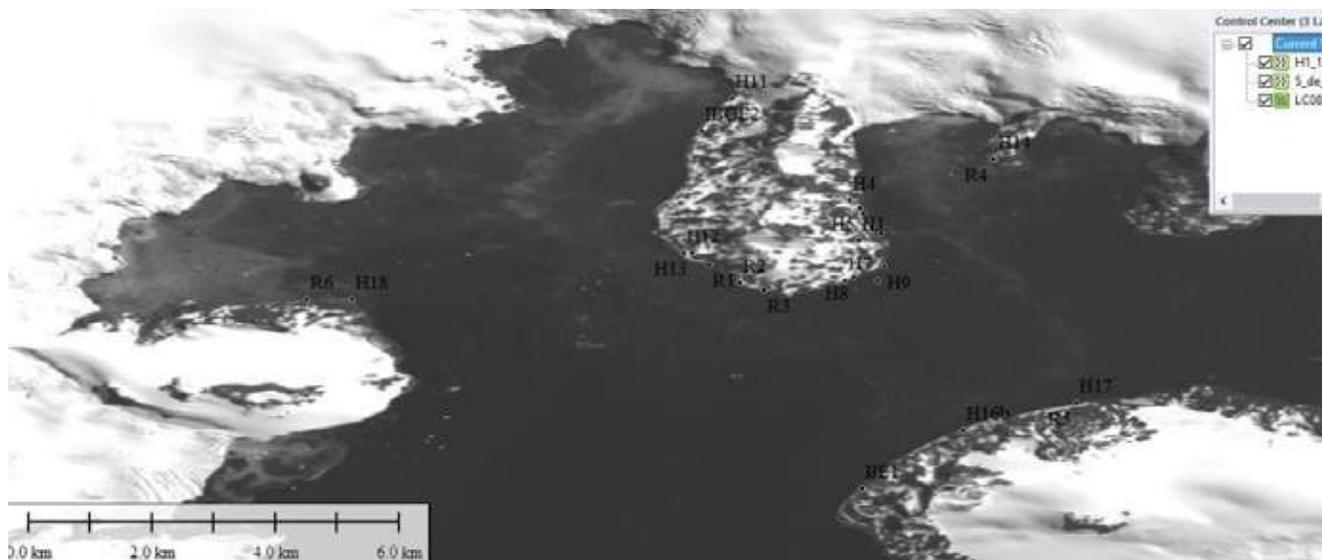
Muestra 15: Sedimento de playa costado izquierdo: 6204' 15".943" S 580 22' 31. 439" W.

Muestra 16: Muestra tomada en la playa norte del refugio de Ecuador en la bajada de una quebrada: 6206' 37" .718" S 580 22' 47. 596" W.

Muestra 17: Muestra tomada en la playa de la base de Perú (Machu Pichu): 6205'29". 245" S 580 28' 07. 943" W.

Nota: se tomaron 4 muestras de sedimentos atrapados en bloques de hielo provenientes del glaciar y una muestra de un arroyo cerca de la base.

Puntos de muestreo:



4. Otras entidades participantes.

Ninguna

5. Objetivo general del proyecto.

Estudiar el metabolismo secundario de la microbiota asociada a sedimentos marinos de la Antártida (Isla Nelson y Rey George).

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Aislar e identificar bacterias y hongos de los sedimentos marinos de la Antártida.
- Identificar características metabólicas con uso potencial en procesos biotecnológicos.
- Estudiar el metabolismo secundario de los microorganismos aislados.
- Aislar y elucidar los compuestos producidos por los microorganismos en cultivo in vitro.
- Evaluar las actividades biológicas de los compuestos aislados a partir de los cultivos in vitro de los microorganismos.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

La estadía en la Antártida se llevó en las instalaciones de la Base Antártida Comandante

Ferraz de Brasil.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

El equipo está conformado por microbiólogos, biólogos y químicos orgánicos con formación doctoral en diferentes áreas como la química orgánica, biomoléculas, recursos agroalimentarios, ciencias naturales, entre otros.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

El proyecto trata básicamente del aislamiento a partir de microorganismos de sedimentos marinos de la Antártida de moléculas de interés para diferentes industrias como la farmacéutica, biotecnología y agrícola.

10. Resultados preliminares.

Se han aislados cepas de bacterias y hongos de la Antártida que están en etapa preliminar de identificación.

11. Resultados esperados.

Se espera que a partir de estos microorganismos se obtengan moléculas con diferentes actividades biológicas.

12. Títulos de publicaciones en curso.

No aplica.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

No aplica.

14. Actividades de divulgación.

Entrevista en programa de televisión (CTV Barranquilla 27/02/20) y prensa escrita revista científica de la Universidad Simón Bolívar.

15. Recomendaciones.

-

16. Bibliografía.

Agrawal S, Adholeya A, Barrow CJ, Deshmukh SK. Marine fungi: An untapped bioresource for future cosmeceuticals. *Phytochem Lett.* 2018; 23:15–20.

Ascari, J., Boaventura M. A. D., Takahashi, J. A., Durán-Patrón, R., Hernández-Galán, R., Macías-Sánchez, A. J., Collado, I. G. 2011. *J. Nat. Prod.* 74, 1707–1712.

Blunt J, Copp B, Keyzers R, Munro M, Prinsep M. Marine natural products. *Nat Prod Rep.* 2016; 33:382–431.

Daoubi, M., Durán-Patrón, R., Hmamouchi, M., Hernández-Galán, R., Benharref, A., Collado, I. G. 2004. *Pest. Manag. Sci.* 60, 927–932.

De la Calle F. Fármacos de origen marino. *Les Biotechnol.* 2007; 58:141–155.

Duarte K, Rocha-Santos TAP, Freitas AC, Duarte AC. Analytical techniques for discovery of bioactive compounds from marine fungi. *TrAC - Trends Anal Chem.* 2012; 34:97–109.

Kelecom A. Secondary metabolites from marine microorganisms. *An Acad Bras Cienc.* 2002; 74:151–70.

Kusari, P., Kusari, S., Spiteller, M. and Kayser, O. Endophytic fungi harbored in *Cannabis sativa* L.: diversity and potential as biocontrol agents against host plant-specific phytopathogens. *Fungal Diversity.* 2013; 60: 137–151.

17. Apéndices.





Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Hernando José Bolívar Anillo**

Institución: **Universidad Simón Bolívar**

Cargo: **Profesor**

Correo: **hbolivar1@universidadsimonbolivar.edu.co**

Teléfono: **300 573 9859**

Anexo 5

Sensibilidad de ambientes costeros y vida salvaje al petróleo en la Antártica II Etapa (Bahía Almirantazgo)

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Conocimiento básico: geografía, hidrografía y cartografía	Geografía y cartografía	Geografía física, geografía humana, climatología, geomorfología, cartografía.
Relaciones entre Suramérica y Antártida	Geología y geomorfología marina	Geomorfología costera y marina y sedimentología

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Rogério Portantiolo Manzolli	Corporación Universidad de la Costa - CUC	Investigador principal – Preparación pre salida de campo; Colecta de datos de campo; Procesamiento de los datos; Redacción de informes y artículos;
Luana Carla Portz	Corporación Universidad de la Costa - CUC	Preparación pre salida de campo; Procesamiento de los datos; Redacción de informes y artículos;
Diego Andrés Villate Daza	Escuela Naval de Suboficiales de Barranquilla - ENSB	Preparación pre salida de campo; Procesamiento de los datos; Redacción de informes y artículos;
Giorgio Anfuso	Universidad de Cádiz	Colecta de datos de campo; Procesamiento de los datos; Redacción de informes y artículos;

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Colecta de datos de las características sedimentológicas y de la geomorfología costera de la Bahía del Almirantazgo (península Keller - Estación Científica Comandante Ferraz – Brasil, Punta Stenhouse, Punta Hennequin – Refugio Ecuador, Punta Estación Machu Picchu – Perú).

4. Otras entidades participantes.

Ninguna

5. Objetivo general del proyecto.

El objetivo de este trabajo será desarrollar un Índice de Sensibilidad Ambiental para derrames de hidrocarburos del área de la Bahía del Almirantazgo - Antártida, con el intuito de normalizar este índice para el desenvolvimiento de un Atlas de Sensibilidad Ambiental a Derrames de hidrocarburos para esta misma área.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Colecta de datos de las características sedimentológicas y de la geomorfología costera de la Baía del Almirantazgo.
- Definir la sensibilidad de la línea de costa, basado en el conocimiento de las características geomorfológicas de las áreas del litoral;
- Estructurar la base de datos georreferenciada y su mapeo para atender a todos los tipos de derrames de petróleo y derivados;

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

- Estación Científica Comandante Ferraz – Brasil
- Estación Machu Picchu – Peru
- Refugio Ecuador

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

- Drone Model Mavic 2 PRO.
- DGPS

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Colecta de datos de las características sedimentológicas y de la geomorfología costera de la Bahía del Almirantazgo.

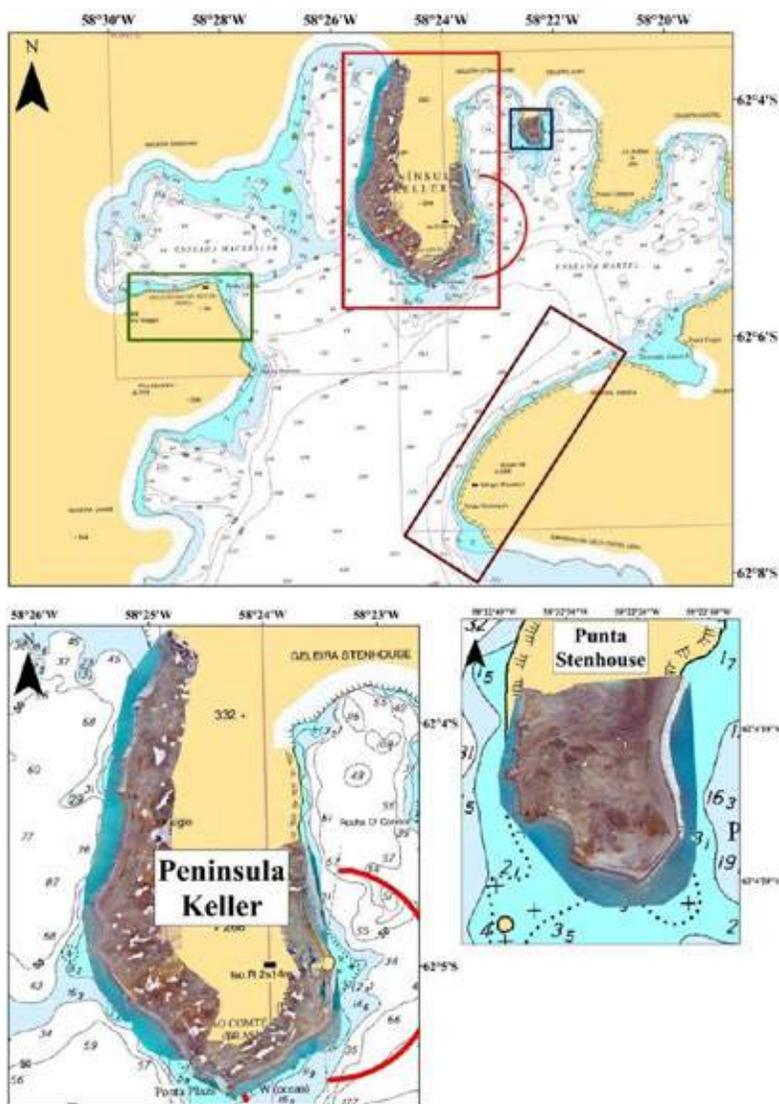
- Levantamientos de imágenes aéreas con Drone.
- Colecta de muestras de sedimento para análisis granulometría.

10. Resultados preliminares.

Los levantamientos aerofotogramétricos están siendo procesados para generar los mosaicos de imágenes, en lo cual a partir de estas imágenes serán obtenidos datos de declividad, ancho de playa, y altura de la berma (Figura 1).

La recolección de estos datos fue acompañada de fotografías debidamente posicionadas por GPS (*Global Positioning System*).

Figura 1. Áreas de muestreo (península Keller - Estación Científica Comandante Ferraz – Brasil, Punta Stenhouse, Punta Hennequin – Refugio Ecuador, Punta Estación Machu Picchu – Perú).



11. Resultados esperados.

- Estructurar la base de datos georreferenciada y su mapeo para atender a todos los tipos de derrames de petróleo y derivados;
- Comprobar la eficacia de las metodologías existentes, así como adaptarlas para el ambiente Antártico.

12. Títulos de publicaciones en curso.

-

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

-

14. Actividades de divulgación.

-

15. Recomendaciones.

-

16. Bibliografía.

-

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Rogério Portantiolo Manzoli**

Institución: **Corporación Universidad de la Costa - CUC**

Cargo: **Profesor/Investigador**

Correo: **rportant1@cuc.edu.co**

Teléfono: **301 381 8753**

Anexo 6

Levantamiento hidrográfico en la Bahía Almirantazgo Isla del Rey Jorge, VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica 2019 2020 (ICEMAN)

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Generación de nuevo conocimiento hidrográfico, náutico y de geología marina en el análisis morfológico y sedimentario en el continente Antártico.	Hidrografía	Cartografía Náutica

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
TN Julián Orlando Quintero	DIMAR- CIOH	Coordinador científico de la expedición.
S1 José Miguel Navarro		Trabajo de campo, procesamiento de datos.

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

- Se recolectaron datos de marea en los días de permanencia en el área con el fin de alimentar la base de datos de armónicos de marea en la Antártida del proyecto red vertical y tener y referenciar el datum vertical a utilizar en los trabajos hidrográficos con mayor precisión.
- Se recolectaron perfiles de velocidad del sonido para cada área y en los tiempos de trabajo para realizar las correcciones y calibración del equipo acústico en tiempo real.
- Se realizó un estudio preliminar para orientar los esfuerzos de la séptima expedición científica del PAC en el proyecto “Generación de nuevo conocimiento hidrográfico, náutico y de geología marina en el análisis morfológico y sedimentario en el continente Antártico, así como para la construcción del buque Antártico colombiano con aportes de la experiencia adquirida por los expedicionarios a bordo del B.A.P Carrasco.

4. Otras entidades participantes.

-

5. Objetivo general del proyecto.

Efectuar levantamiento hidrográfico con tecnología Monohaz en el sector de Bahía Almirantazgo, en la Isla del Rey Jorge con el fin de capturar y procesar información hidrográfica, y de esta manera aportar a la seguridad de la vida humana en el mar, beneficiando el desarrollo científico del continente.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

-

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

El proyecto se realizó a bordo del buque de la Armada de Guerra del Perú B.A.P Carrasco.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

El equipo fue liderado por el señor Teniente de Navío Julián Orlando Quintero Ibáñez Hidrógrafo CAT. A

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

La bahía Almirantazgo o bahía Lasserre es una bahía irregular de 8 km de ancho en su entrada, entre punta Demay y Martins Head, que se interna en la costa sur de la isla Rey Jorge o isla 25 de mayo por 16 km, isla perteneciente a las islas Shetland del Sur en la Antártida. La bahía se abre hacia el estrecho de Bransfield.

El nombre en inglés Admiralty Bay aparece en un mapa de 1822 del cazador de focas británico George Powell, quien realizó una expedición al área en el barco Dove, y que luego se extendió al uso internacional con traducción al español como bahía Almirantazgo.

La bahía tiene tres fiordos llamados ensenada Ezcurra, ensenada Martel, ensenada Mackellar, los dos últimos separados por la península Keller. Es considerada uno de los mejores lugares de anclaje de las Shetland del Sur.3 A ambos lados de la entrada a la bahía se hallan el domo Varsovia al oeste, y el domo Cracovia al este sobre la península Cracovia. Dentro de la ensenada Ezcurra se halla la isla Dufayel.

La navegación de embarcaciones requiere del conocimiento exacto de la profundidad para explotar con seguridad la máxima capacidad de carga, y la máxima disponibilidad de agua

para una navegación segura. Donde la separación quilla-fondo es de importancia, las incertidumbres de la profundidad deben ser controladas con rigor técnico y comprendido de la manera más clara posible. De una forma similar se deberá controlar los tamaños de los rasgos detectados durante el levantamiento o más importante que se definan y conozcan aquellos que no pudieron haber sido detectados. (OHI 2008).

Para la ejecución del levantamiento hidrográfico, se utilizó el ecosonda Monohaz Kongsberg EA400, este es un equipo de alta resolución ideal para realizar la recolección de datos de profundidad.

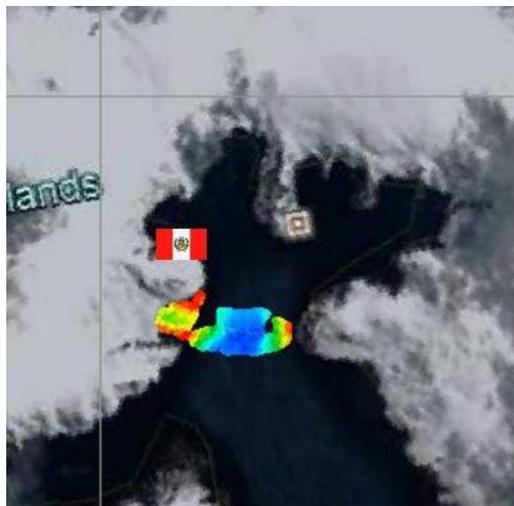
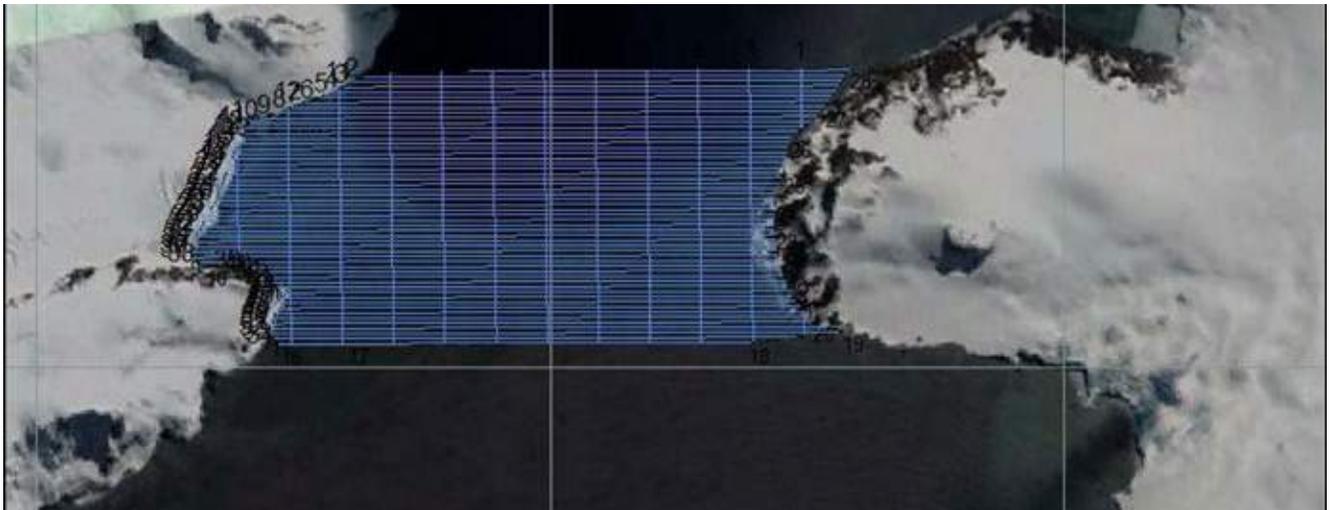
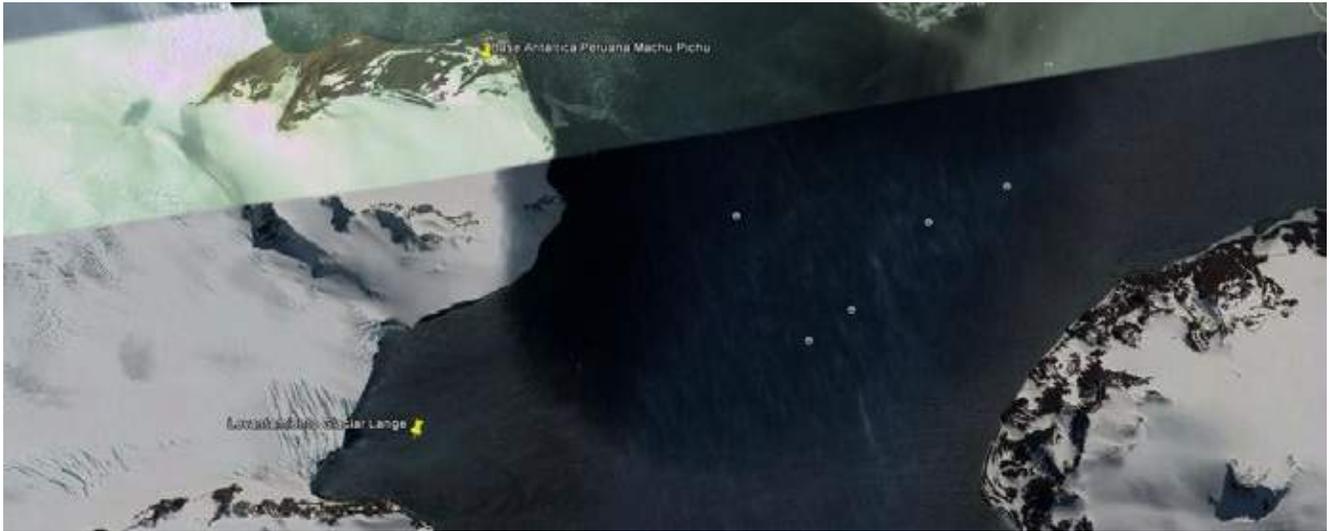
Para el posicionamiento durante el levantamiento se utilizó el Sistema R7, datos se colectados en modo diferencial satelital y almacenados en tiempo real, con lo que se logró una precisión decimétrica. Receptor conectado al equipo de recolección automatizada de datos mediante el programa Hypack versión 2019.

Los parámetros mínimos para la operación del sistema DGPS durante la recolección de la información fueron los siguientes:

Posición en Datum: WGS-84 La. Long.
Modo: Diferencial
Número de satélites: Mínimo cuatro (4)
PDOP: Inferior a cinco (5)

10. Resultados preliminares.

El planeamiento efectuado fue basado en la experiencia de servicios hidrográficos como el de Perú y Chile, y en las recomendaciones de los hidrógrafos participantes en las pasadas expediciones de Colombia a la Antártida. Se calculó un avance diario de 20 millas náuticas lineales, producto de 4 horas de trabajo a 5 nudos. Se planearon líneas monohaz con una separación de 50 metros en sentido perpendicular a los veriles de profundidad acuerdo con los Estándares Hidrográficos de la OHI, S44 5ta edición de 2008, los cuales fueron realizados acuerdo a lo planeado. Recorriendo 43 MNL durante 2 días de trabajo.



11. Resultados esperados.

Conocer la configuración del fondo del sector y realizar mediciones en cercanías del Glacial Large que como insumo para el estudio que se realiza del mismo.

12. Títulos de publicaciones en curso.

NA

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

NA

14. Actividades de divulgación.

Ninguna.

15. Recomendaciones.

-

16. Bibliografía.

Estándares para los levantamientos Hidrográficos OHI S-44, 5TA edición febrero de 2008.
Manual de Hidrografía de la OHI (C-13)

Manual de Entrenamiento Caris HIPS & SIPS 8.1 Manual de Hypack

Manual SVP

Protocolo Interno de Levantamientos Hidrográficos 1ra Edición 2012. Guía para la elaboración de Instrucciones especiales.

Rodolfo A. Sánchez. Antártida: Introducción a un Continente Remoto 1ra Edición 6 de abril de 2008. Editorial Albatros SACI. Edición: Cecilia Repetti. Libro de edición argentina.

17. Apéndices.

Ninguno

Anexo 7

Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la península antártica

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Biodiversidad de organismos antárticos	Biología	Caracterización de la biodiversidad. Taxonomía, sistemática, genética, biogeografía y bioinformática de organismos marinos y terrestres antárticos. Especies emblemáticas.
Ecosistemas marinos, costeros y continentales: cambio ambiental y conservación	Ecosistemas marinos antárticos	Resiliencia y umbrales de sensibilidad al cambio. Flujos tróficos. Estado, estructura y funcionamiento de los ecosistemas antárticos. Estado, Estructura y funcionamiento.
	Impactos humanos en Antártica	Impacto ambiental de la presencia humana en Antártica, impacto de la contaminación, aguas residuales y vertimientos.

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Diego Fernando Mojica Moncada, MsC.	Dirección General Marítima (DIMAR) - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)	Investigador Principal del Proyecto (realizó trabajo de campo en Antártica): Investigador, observación y censo de pinnípedos Antárticos, colecta de muestras a través de metodología de biopsias remotas de piel y grasa de Elefantes Marinos del Sur (<i>Mirounga leonina</i>) por medio de un rifle PAXARMS con dardos de punta modificada y registros fotográficos y fílmicos de las especies e individuos en el

Investigadores	Entidad	Actividades
Diego Fernando Mojica Moncada, MsC.	Dirección General Marítima (DIMAR) - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)	área de estudio. Durante el verano austral 2019-2020, el investigador realizó salidas a pie y en bote zodiac a la Zona Antártica Especialmente Protegida (ZAEP) No. 128 en la Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo (Halfmoon Cove, Rakusa Point, Demay Point, Paradise Cove, Uchatza Point, Blue Dike y Patelnia Point; Figura 1), en la Isla Rey Jorge, Antártica, en el marco de las actividades de campo de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica bajo el componente de cooperación internacional en la Base/Estación Científica Polaca Henrik Arctowski y en el área de inmediaciones del refugio polaco Demay, ZAEP No. 128 del “Institute of Biochemistry and Biophysics Polish Academy of Sciences”.
Dalia C. Barragán Barrera, PhD.	DIMAR – CIOH, Fundación Macuáticos Colombia y Universidad de los Andes	Investigadora asociada al proyecto. No realizó trabajo de campo en la Antártica. Encargada de realizar el trabajo de laboratorio para realizar el sexaje molecular, genética y la determinación de mercurio en las muestras de piel de pinnípedos colectadas durante la mencionada expedición. También se encarga de realizar los análisis genéticos y eco toxicológicos.
Teniente de Navío Sergio Pico	DIMAR - CIOH	Investigador asociado al proyecto, no viajó a la Antártica. Proporciona insumos y algunos reactivos y facilidades para el acceso y análisis de las muestras en laboratorio.
Susana Caballero Gaitán, PhD.	Universidad de los Andes	Investigadora asociada al proyecto, no viajó a la Antártica. Proporciona el rifle para la colecta de muestras, equipos, insumos y algunos reactivos y facilidades para el acceso y análisis de las muestras en laboratorio.

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

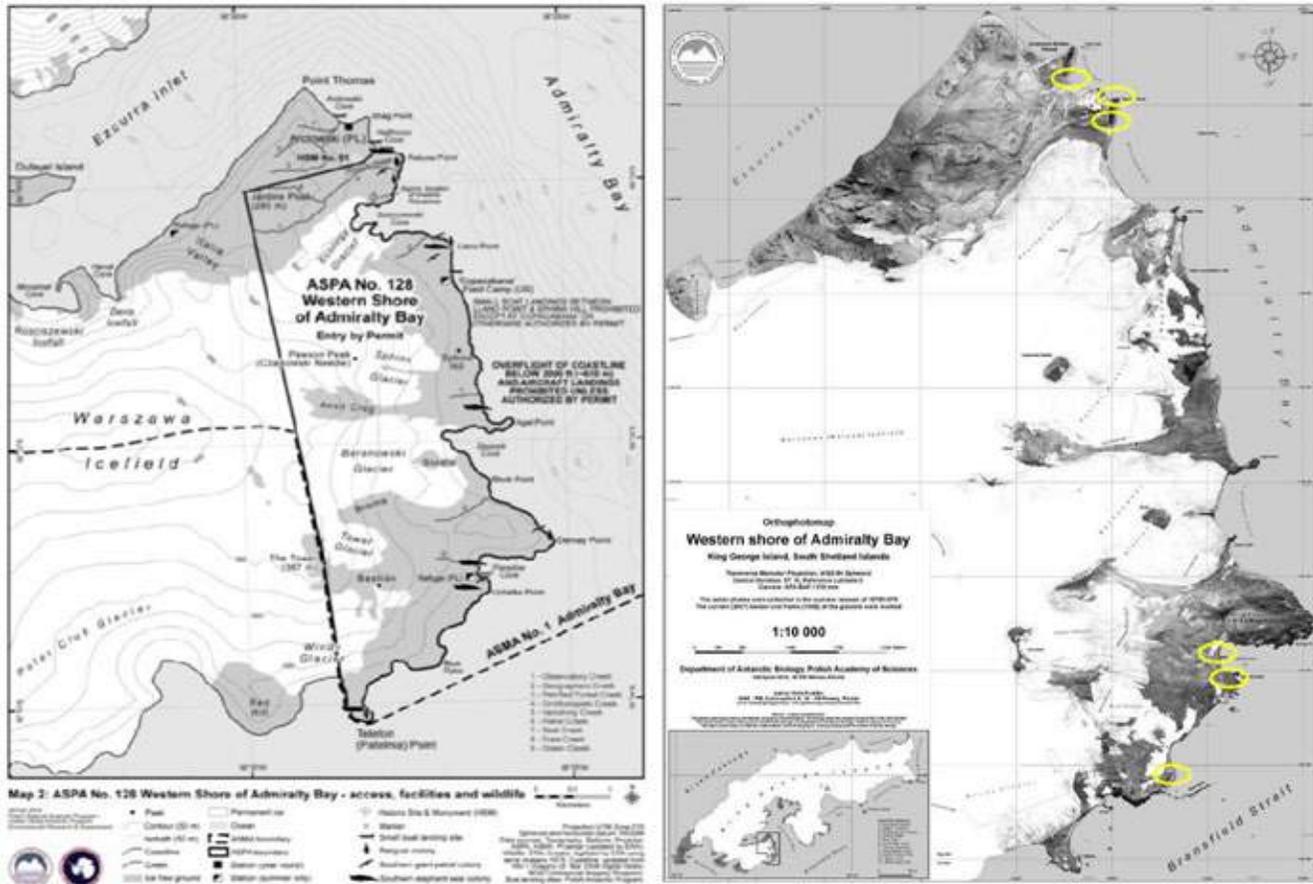
Fase de campo

Área de estudio y obtención de muestras por medio del sistema de biopsias remotas:

Para la colecta de las muestras de piel y grasa de pinnípedos (Elefantes Marinos del Sur *Mirounga leonina*) se realizaron salidas a pie por tierra y a bordo de bote zodiac a la Zona Antártica Especialmente Protegida (ZAEP) No. 128, ubicada en la Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo (Halfmoon Cove, Rakusa Point, Demay Point, Paradise Cove, Uchatza Point y Blue Dike), en la Isla Rey Jorge, Antártica (Figura 1). Estas actividades en campo fueron posibles gracias al componente de cooperación internacional de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019 – 2020, y al apoyo recibido por la República de Polonia, su Programa Antártico y al “Institute of Biochemistry and Biophysics Polish Academy of Sciences” para la residencia y actividades de campo en la Base/Estación Científica en Antártica Henrik Arctowski.

Figura 1. Mapas de la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128 ubicada en la Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo. Los óvalos amarillos muestran los lugares de colecta de muestras de piel en Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*) en Halfmoon Cove, Rakusa Point, Demay Point, Paradise Cove, Uchatza Point y Blue Dike, en la Isla Rey Jorge, Península Antártica (Fuente: Polish National Antarctic Program/United States Program and Department of Antarctic Biology, Polish Academy of Sciences; Pudelko, 2007).

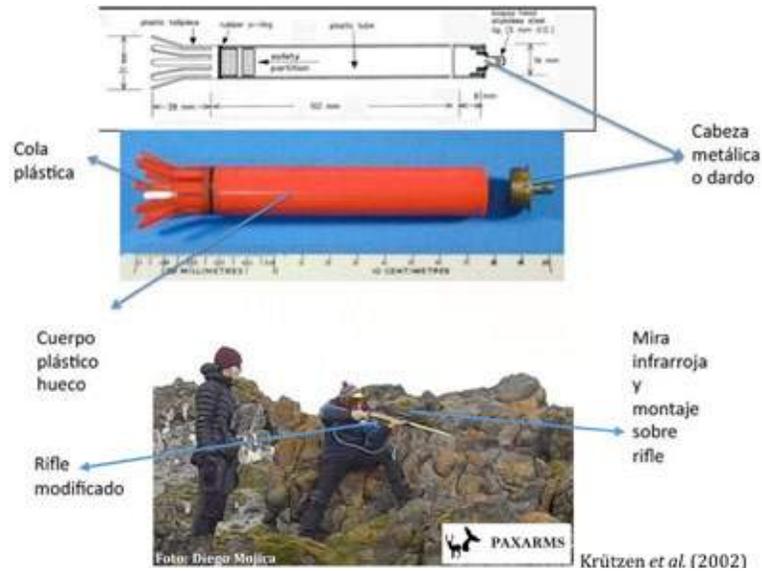




El muestreo se realizó en el verano austral Antártico (2019-2020) durante el tiempo de residencia en la estación científica Henrik Arctowski desde el 10 de febrero de 2020 hasta el 10 de marzo de 2020, requiriéndose de aproximadamente un mes de trabajo en campo.

Para la toma de biopsias remotas de pinnípedos se dispuso de un rifle PAXARMS con dardos de punta modificada (Krützen *et al.*, 2002), el cual se utilizó en tierra. El dardo modificado utilizaba una pequeña punta de acero quirúrgico de 5 mm de diámetro por 9 mm de largo que tiene tres pequeños topes biselados en su interior (Krützen *et al.*, 2002; Figura 2). El diseño de estas puntas evita que se claven en la piel del animal, evitando daños en el tejido; además cuenta con un sistema de pesas para evitar que el dardo salte y se pierda en tierra después de rebotar con la muestra adherida.

Figura 2. Colecta de muestras de piel de Elefante Marino del Sur (*Mirounga leonina*) mediante sistema de biopsias remotas con rifle modificado PAXARMS (Krützen *et al.*, 2002).



El dardo era disparado hacia el costado lateral inferior del animal, a una distancia aproximada de 10 m. Una vez disparado, el dardo era recuperado y la muestra almacenada en un tubo taparrosca de 2 ml que contiene alcohol al 70% (Krützen *et al.*, 2002; Figura 3). Anterior, simultáneo y posteriormente a la toma de biopsias, se contó con cámaras GoPro, réflex Canon EOS y Samsung 10px. para la toma de los registros fotográficos del individuo al cual se le tomó la muestra y/o grupos o harenes censados.

Figura 3. Registros fotográficos para la colecta de piel de Elefante Marino del Sur (*Mirounga leonina*) en Antártica, mediante metodología de biopsias remotas, para realizar análisis genéticos y toxicológicos en laboratorio.



Fase de laboratorio

Las muestras colectadas serán transportadas al Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos – LEMVA en la Universidad los Andes donde se realizarán los análisis genéticos y toxicológicos. Las muestras serán divididas en dos porciones: la grasa y la piel, las cuales serán utilizadas para realizar los análisis genéticos y toxicológicos, respectivamente.

Análisis genéticos: El ADN será extraído de cada muestra usando el kit de extracción DNeasy QIAGEN (Valencia, CA, USA). Una porción de alrededor de 750 bp de la Región Control fue amplificada usando los primers t-Pro-whale M13Dlp1.5 (5'- TGAAAACGACAGCCAGTTCACCCAAAGCTGRARTTCTA-3') y Dlp8G (5'- GGAGTACTATGTCCTGTAACCA-3'), siguiendo las condiciones de amplificación descrita en Barragán-Barrera *et al.* (2007). Los productos de PCR serán purificados siguiendo el protocolo de Polietilenglicol (PEG al 20%) y serán secuenciados en la Universidad de los Andes usando la técnica de Sanger (1975). Todas las muestras serán sexadas siguiendo el protocolo de Gilson *et al.* (1998).

Análisis toxicológicos: Las muestras serán evaporadas, homogenizadas, congeladas a -80°C y liofilizadas. Las muestras liofilizadas serán analizadas posteriormente en un espectrómetro de absorción atómica con muestra sólida AMA-254 (Advanced Mercury Analyser de Altec) en el Laboratorio Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs) de la Université de La Rochelle, Francia para medir las concentraciones de mercurio. Los resultados de las mediciones se presentarán como peso seco ($\mu\text{g g}^{-1}$ dw).

Análisis de resultados

Análisis genéticos: Las secuencias obtenidas serán arregladas usando el software Geneious v. 4.8.5 (Drummond *et al.*, 2009). Los haplotipos serán definidos usando el script de R RemoveRedundantTaxa, el cual es un sustituto del software MacClade (Duchene, 2012). Secuencias de otras colonias de Elefantes Marinos del Sur (*M. leonina*) serán obtenidas de GenBank, para realizar un análisis molecular de varianza (AMOVA) para determinar la subdivisión genética entre colonias (Excoffier *et al.*, 1992) con el software ARLEQUIN v. 3.5. Se realizaron comparaciones por pares de los índices de diferenciación poblacional F_{ST} y ϕ_{ST} entre todas las poblaciones analizadas (Wright, 1965).

Análisis toxicológicos: Para realizar las estimaciones iniciales de concentraciones de mercurio, se utilizarán las muestras de Elefantes Marinos del Sur (*M. leonina*) colectadas durante la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019 – 2020 (n=48). En principio, se realizará la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el test de homogeneidad de Bartlett.

Para evaluar las diferencias de [THg] entre colonias (n=48), se realizarán pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas según sea el caso. Todos los datos se presentarán

como promedio y desviación estándar (\pm) en unidades de $\mu\text{g}/\text{kg dw}$, y los resultados se considerarán significativos con un $p < 0.05$. Los análisis estadísticos serán realizados en RStudio.

4. Otras entidades participantes.

- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) – Dirección General Marítima (DIMAR).
- Fundación Macuáticos Colombia.
- Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos (LEMVA) de la Universidad de los Andes.
- Programa Antártico Colombiano.
- Institute of Biochemistry and Biophysics Polish Academy of Sciences.
- Polish National Antarctic Program.
- Laboratorio Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs) de la Université de La Rochelle, Francia.

5. Objetivo general del proyecto.

Determinar la estructura, diversidad genética y concentraciones de mercurio total (THg) de la población de Elefantes Marinos del Sur (*M. leonina*), en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, ubicada en la Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo, para continuar con el estudio y seguimiento de pinnípedos en algunos de los Archipiélagos de la Península Antártica, de manera que Colombia pueda destacarse para el intercambio de información Antártica a nivel internacional.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Determinar la estructura, diversidad genética y las concentraciones de mercurio total (THg) de los Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*) presentes en la Isla Rey Jorge.
- Realizar censos de la población de pinnípedos en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, para el período final del verano austral 2019 – 2020.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

Base/Estación Científica Antártica Polaca Henrik Arctowski y Zona Antártica Especialmente

Protegida No. 128 (Figura 4).

*Figura 4. Registros fotográficos de la Base/Estación Científica Antártica Polaca Henrik Arctowski y la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, donde se encontraban asentadas las poblaciones de Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*).*



8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

Para el desarrollo de las actividades de campo en Antártica se contó con los equipos que se mencionarán a continuación, con el fin de desarrollar y cumplir los objetivos planteados en el presente estudio.

Los equipos utilizados en campo incluyen:

GPS Garmin 640t, binoculares Bushnell 8x, cámaras fotográficas y filmicas GoPro, Canon EOS, Samsung 10px, libreta de campo, equipo científico para toma de biopsias remotas PAXARMS (cuerpo del rifle, cañón modificado, magazine para cargas, pistón, cargas, cuatro dardos para pinnípedos y accesorios), gradilla con tubos Eppendorf que contiene alcohol al 70% para la conservación de las muestras, un tubo PVC azul marcado como referencia para longitudes de individuos y recuperación del dardo (Figura 5), y caja Pelican para transporte (Dimensiones y peso estimado 1127 x 406 x 155mm 15 kg).

Figura 5. Registros fotográficos del equipo científico y de apoyo utilizado en campo y durante el trabajo desarrollado en la Base/Estación Científica Antártica Polaca Henrik Arctowski y Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, para realizar censos y colecta de muestras de Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*).

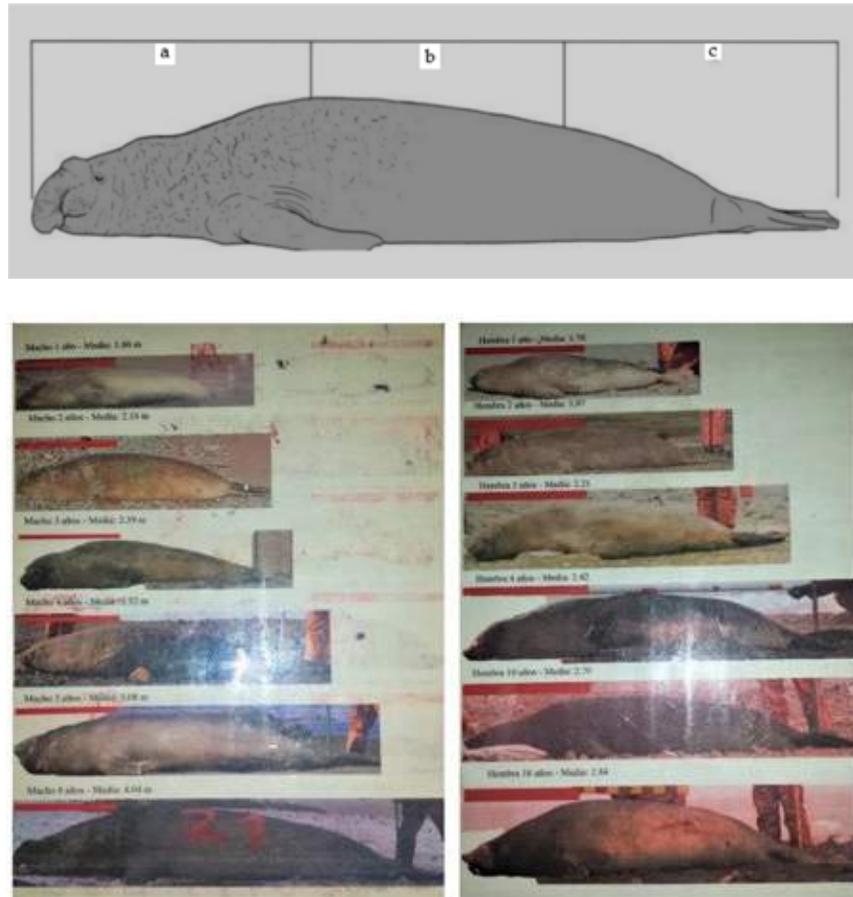


9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Censo de pinnípedos:

El conteo de pinnípedos se realizó en tierra donde las colonias estuvieron presentes, siguiendo las metodologías propuestas por Bengston *et al.* (1990) y Carlini *et al.* (2003). El esfuerzo de observación fue realizado durante cinco o seis horas, si las condiciones meteorológicas lo permitían. Durante el censo, se colectó información sobre fecha, posición, especie, número de individuos y madurez de acuerdo con sus características diagnósticas morfológicas externas, longitud estándar y las medias registradas y reportadas por Negrete (2011) (Figura 6). Posterior a los censos, se tomaron las muestras de piel de los individuos.

Figura 6. Arriba: Esquema de típico de un macho adulto de Elefante Marino del Sur (*Mirounga leonina*), identificando los tercios en que se divide el cuerpo: a) tercio anterior, b) tercio medio, c) tercio posterior (Tomada de: Negrete, 2011). Abajo: Clasificación por edades según longitud estándar de medias registradas para machos y hembras (Negrete, 2011) (Fuente: Laboratorio de Predadores Tope, Instituto Antártico Argentino).



Colecta de muestras:

Para coleccionar las muestras de Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*) fue necesario realizar una caminata hasta el lugar de la ZAEP No. 128 donde se encontraban las colonias y/o grupos remanentes del fin de temporada de verano austral. El desplazamiento se realizó en ocasiones en compañía de una investigadora polaca y/o en solitario. Adicionalmente, se obtuvo asistencia de transporte en bote zodiac para aquellas áreas de la ZAEP alejadas e interrumpidas por frentes de glaciares que desembocan en el mar (Figura 1). Para la colecta de muestras se realizó la técnica de biopsias remotas, descrita en la sección 3 sobre las “Actividades desarrolladas en la Antártica”.

10. Resultados preliminares.

Para la presente expedición se coleccionaron un total de 48 muestras de Elefantes Marinos del Sur (*M. leonina*), entre machos adultos > a 8 años, subadultos entre 4 y 7 años y para hembras adultas > 10 años, subadultas entre 4 y 6 años y juveniles de 3 años, edad estimada según las medias registradas para machos y hembras por Negrete (2011) (Figura 6). Estas muestras serán utilizadas para complementar los análisis genéticos y toxicológicos realizados con muestras coleccionadas en expediciones previas. A continuación, se menciona los resultados preliminares obtenidos en estos análisis previos:

Resultados toxicológicos preliminares: en el marco de la II Expedición Científica de Colombia a la Antártica “Almirante Lemaître”, verano austral 2015 – 2016, se coleccionaron 50 muestras de Elefantes Marinos del Sur en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 132, específicamente sobre la Península Potter en inmediaciones de la Estación Científica Antártica Carlini (Isla 25 de Mayo o Rey Jorge, Península Antártica). Los resultados toxicológicos mostraron que los individuos bioacumulan mercurio con un promedio de $730 \pm 388 \mu\text{g}/\text{kg dw}$. Los resultados indicaron además que no hay diferencias significativas en las concentraciones de mercurio entre sexos (promedio hembras = $859 \pm 427 \mu\text{g}/\text{kg dw}$, $n = 22$; promedio machos = $629 \pm 329 \mu\text{g}/\text{kg dw}$, $n = 28$). Adicionalmente, en el marco de la V Expedición Científica de Colombia a la Antártica “Almirante Campos”, verano austral 2018 – 2019 fueron coleccionadas 12 muestras de piel de pinnípedos en inmediaciones de la Base/Estación Científica Búlgara San Clemente de Ohrid, en la Isla Livingston, Península Antártica. Los análisis toxicológicos están actualmente en curso, como parte de la investigación postdoctoral que adelanta la investigadora Dalia C. Barragán Barrera en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. De manera similar, las muestras coleccionadas en el presente estudio en el marco de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019-2020, serán incluidas en esta investigación postdoctoral.

Resultados genéticos preliminares: Los resultados genéticos preliminares basados en ADN mitocondrial (Región Control) y ADN nuclear (microsatélites) mostraron una alta diversidad genética para los Elefantes Marinos del Sur de la Isla Rey Jorge. El marcador

mitocondrial mostró que los individuos de esta colonia mantienen flujo genético con individuos de la Isla Elefante, Isla Livingston, e Islas Malvinas, y tiene flujo genético restringido con individuos de la Isla Macquarie y con individuos de la extinta colonia de la Costa Victoria en el Mar de Ross. Los análisis de parentesco realizados con microsatélites identificaron que sólo el 2% de los individuos correspondían a madre-cría, el 16% eran hermanos completos/medios, y el 82% de los individuos no están relacionados. Estos resultados concuerdan con los hallazgos previos de dispersión genética a larga distancia mediada por ambos sexos.

Censos de pinnípedos: Durante la VI Expedición se realizaron 13 censos de pinnípedos en los cuales se registraron Elefantes Marinos del Sur (*M. leonina*), Lobos Marinos de Dos Pelos Antártico (*Arctocephalus gazella*), Foca de Weddell (*Leptonychotes weddelli*), Foca Cangrejera (*Lobodon carcinophaga*) y Foca Leopardo (*Hydrurga leptonyx*). Esta última se observó desde bote zódiac llegando al Refugio Polaco Demay en Paradise Cove (ver Apéndices). Por otra parte, durante los censos realizados en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128 se observó una hembra de Elefante Marino del Sur (*M. leonina*) con marcaje Aflex1700 (Figura 7), la cual corresponde a un ejemplar nacido y marcado en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 132 ubicada en la Península Potter, en inmediaciones de la Estación Científica de Argentina Carlini por el Grupo de Predadores Tope del Instituto Antártico Argentino. El marcaje fue confirmado por el Dr. Javier Negrete, líder del grupo argentino. Aunque las zonas son cercanas, esta información se convierte en un hallazgo importante, ya que brinda información sobre zonas compartidas de residencia y asentamiento de esta población durante los veranos australes.

Figura 7. Registros fotográficos de una hembra de Elefante Marino del Sur (Mirounga leonina) con marcaje Aflex1700 observada en la Zona Antártica Especialmente Protegida No. 128, ubicada en Costa Occidental de la Bahía de Almirantazgo, en inmediaciones de la Base/Estación Científica Antártica Polaca Henrik Arctowski, durante los censos realizados en el área.



Adicionalmente, los hábitos migratorios podrían incidir en las variaciones en la acumulación de mercurio, al respecto y al igual que el individuo marcado observado en la presente temporada y descrito anteriormente, en el marco de la III Expedición Científica de Colombia a la Antártica “Almirante Padilla”, verano austral 2016 – 2017 dentro de los censos realizados se reportó un individuo en la ZAEP No. 113 Isla Litchfield en cercanías de la Estación Científica de Estados Unidos Palmer Lat. 64° 46' 27" S- Long. 64° 03' 11" W nacido en la ZAEP 132 Península Antártica, también marcado por investigadores del Grupo de Predadores Tope del Instituto Antártico Argentino de la Estación Científica Carlini, registrando una migración estimada de 240mn desde el Archipiélago de las Islas Shetland del Sur en el Estrecho de Bransfield hasta el Archipiélago de Palmer en el Estrecho de Gerlache, inmediaciones de la Península Antártica.

Nuestros resultados obtenidos a la fecha corroboran la utilidad de la piel colectada con el sistema de biopsias remotas para medir las concentraciones de mercurio total en los mamíferos marinos presentes en la Antártica (Angel *et al.*, 2018).

Respecto a las diferencias encontradas en las concentraciones de mercurio entre las especies estudiadas, éstas pueden estar dadas principalmente a los hábitos alimenticios, el cual consiste en peces pelágicos y calamares de mayor nivel trófico para los Elefantes Marinos del Sur (Reeves *et al.*, 2002).

11. Resultados esperados.

Los Elefantes Marinos del Sur, realizan largas migraciones desde zonas antárticas como la Isla 25 de Mayo o Rey Jorge hasta aguas subantárticas (Reeves *et al.*, 2002), donde también se han reportado concentraciones moderadas de mercurio en la piel de delfines de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*) (Cáceres-Sáez *et al.*, 2015). Durante estas migraciones, los individuos se alimentan generalmente de peces y cefalópodos, adquiriendo y acumulando mercurio constantemente en sus tejidos a través de la dieta.

Por este motivo, se espera encontrar niveles moderados de mercurio en la piel de los elefantes marinos presentes en la Isla 25 de Mayo o Rey Jorge. Dado que los mamíferos marinos pueden usarse como indicadores de la salud de los océanos y los ecosistemas marinos, se espera que estos resultados muestren la necesidad de monitorear los niveles de contaminación en la Antártica, así como los efectos a largo plazo ante la exposición de mercurio en los organismos marinos antárticos.

Debido a estos hábitos migratorios, se espera que los Elefantes Marinos del Sur presentes en la Isla Rey Jorge mantengan un alto flujo genético con individuos de la Patagonia Argentina, así como del Archipiélago de las Islas Shetland del Sur. Este flujo genético se espera detectar por una alta conectividad de haplotipos a nivel mitocondrial, y por un alto parentesco a nivel nuclear entre distintas colonias a lo largo del Archipiélago austral.

12. Títulos de publicaciones en curso.

En el marco del proyecto “Censo, ecología trófica, concentraciones de mercurio y genética de pinnípedos en algunas zonas de la Península Antártica”, se están preparando los siguientes trabajos:

1) Artículo sometido al volumen especial sobre Antártica del Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR: Hernández-Ardila, L. V.; Barragán-Barrera, D. C.; Negrete, J.; Poljak, S.; Riet-Sapriza, F. G. & Caballero, S. Insights of genetic diversity of Leopard seal *Hydrurga leptonyx* at Danco Coast, Antarctic Peninsula, inferred from mitochondrial DNA analysis.

2) Artículo en preparación para ser sometido a Polar Biology: Barragán-Barrera, D. C.; Riet-Sapriza, F. G.; Quiroga, A.; Mojica-Moncada, D. F.; Negrete, J.; Lanusse, L. & Caballero, S. Mitochondrial phylogeography of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) around Antarctic waters with emphasis on the population structure of the colony at Isla 25 de Mayo (King George Island) South Shetland Islands, Antarctic Peninsula.

3) Artículo en preparación para ser sometido a Marine Pollution Bulletin: Barragán-Barrera, D. C.; Riet-Sapriza, F.; Negrete, J.; Curtosi, A.; Mojica-Moncada, D.; Bustamante, P.; Caballero, S.; Farías-Curtidor, N. & Luna-Acosta, A. Mercury concentrations of Southern elephant seal (*Mirounga leonina*) in George King Island, Antarctica.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

A la fecha y con base en los resultados obtenidos, se han generado los siguientes productos:

1) Publicación en memorias congreso y póster: Barragán-Barrera, D. C.; Riet-Sapriza, F. G.; Quiroga, A.; Mojica-Moncada, D. F.; Negrete, J. & Caballero, S. 2019. Mitochondrial phylogeography of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) around Antarctic waters with emphasis on the population structure of the colony at Isla 25 de Mayo (King George Island) South Shetland Islands, Antarctic Peninsula. 2nd World Marine Mammal Conference 2019. Diciembre 9 – 12, 2019. Barcelona, España. Póster (ver en apéndices).

2) Publicación en memorias congreso: Barragán-Barrera, D. C.; Hernández-Ardila, L. V.; Riet-Sapriza, F. G.; Negrete, J.; Poljak, S.; Mojica-Moncada, D. F.; Quiroga, A. & Caballero, S. 2019. Diversidad genética de la foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) y el elefante marino del Sur (*Mirounga leonina*) en la Península Antártica. XVIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar SENALMAR. Octubre 22 – 25, 2019. Barranquilla, Colombia. Oral.

3) Publicación en memorias congreso: Barragán-Barrera, D. C.; Angel-Romero, P.; Luna-Acosta, A.; Bustamante, P.; Riet-Sapriza, F. G.; Negrete, J.; Curtosi, A.; Botero-Acosta, N.; Mojica-Moncada, D. F.; Bessudo, S.; Diazgranados, M. C. & Caballero, S. 2019. ¿Los mamíferos

marinos como indicadores de la salud de los ecosistemas marinos antárticos? Acumulación de mercurio en ballenas jorobadas y elefantes marinos del sur presentes en la Península Antártica. XVIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar SENALMAR. Octubre 22 – 25, 2019. Barranquilla, Colombia. Oral.

4) Publicación en memorias conferencia internacional: Barragán-Barrera, D. C.; Riet-Sapriza, F.; Negrete, J.; Mojica Moncada, D.; Caballero, S. & Luna-Acosta, A. 2019. Mercury concentrations of Southern elephant seal (*Mirounga leonina*) in King George Island, Antarctic. Conferencia en línea APECS 2019 (Asociación de Jóvenes Científicos Polares). Charla rápida.

5) Tesis de Pregrado: 2018-2019. Hernández Ardila, Laura Valentina. Observaciones sobre la diversidad genética de la Foca Leopardo *Hydrurga leptonyx* en la Costa Danco, Península Antártica, a partir de análisis de ADN mitocondrial. Universidad de los Andes. Tesis dirigida por: Dalia C. Barragán-Barrera.

6) Publicación en memorias congreso: Hernández-Ardila, L. V.; Barragán-Barrera, D. C.; Negrete, J.; Poljak, S.; Riet-Sapriza, F. G. & Caballero, S. 2019. Genetic Diversity of Leopard seal *Hydrurga leptonyx* at Danco Coast, Antarctic Peninsula. 2nd World Marine Mammal Conference 2019. Diciembre 9 – 12, 2019. Barcelona, España. Póster.

14. Actividades de divulgación.

En el marco de las charlas realizadas en universidades por el Asesor e Investigador en Asuntos Antárticos de la Dirección General Marítima, Diego Fernando Mojica-Moncada como Investigador Asociado al Programa Antártico Colombiano (PAC), se han divulgado varios avances del PAC incluyendo aquellos relacionados con la presente investigación. Por su parte, la investigadora Dalia C. Barragán Barrera, ha presentado diversas ponencias con los resultados preliminares de este estudio, dando reconocimiento a todas las instituciones participantes y resaltando apoyo recibido por parte de la Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos y Fundación AVIATUR. Los trabajos presentados incluyen los siguientes:

1) Seminario Comisión Colombiana del Océano: Barragán-Barrera, D. C.; Angel-Romero, P.; Bessudo, S.; Bonilla, A.; Botero-Acosta, N.; Bustamante, P.; Caballero, S.; Curtosi, A.; Diazgranados, M. C.; Flórez González, L.; Luna-Acosta, A.; Mojica-Moncada, D. F.; Negrete J.; RietSapriza, F. G.; Trujillo, F. & Vásquez, A. 2019. Observación de Mamíferos Marinos y Bioacumulación de Mercurio en la comunidad de cetáceos presentes en aguas antárticas. Seminario “Descubriendo a la Colombia científica: una mirada a las expediciones Seaflower, Pacífico y Antártica”. Bogotá. Colombia. Agosto 5, 2019. Oral.

2) Seminario Antártico: Barragán-Barrera, D. C.; Mojica-Moncada, D. F.; Angel-Romero P.A.; Botero-Acosta, N.; Riet-Sapriza, F.; Caballero, S. y Luna-Acosta, A. 2018. Bioacumulación de

mercurio en la comunidad de cetáceos presentes en aguas Antárticas. Seminario Antártico Colombiano “Un reto de país”. Bogotá. Colombia. Abril 18 – 19, 2018. Oral.

3) Día Mundial de la Diversidad Biológica. Invitado ponente magistral Diego Mojica, Universidad del Sinú, Escuela de Biología Marina, Cartagena de Indias. Se abordaron diferentes tópicos entre ellos ecotoxicología en pinnípedos Antárticos. Mayo 22 de 2019.

4) Aportes al Documento Informativo titulado “*V Expedición Científica de Colombia a la Antártica*”, donde se informa de manera general a la comunidad internacional del Sistema del Tratado Antártico sobre la estancia de un investigador asociado al PAC en la estación Búlgara San Clemente de Ohrid, con el fin de coleccionar muestras de pinnípedos para análisis de concentraciones de mercurio como bioindicadores de la salud de los océanos. Este documento se presentó en el marco de la XLII Reunión Consultiva del Sistema del Tratado Antártico, realizada en Praga, República Checa, 02 al 11 de julio de 2019.

5) Estructuración del Documento Informativo titulado “*Cooperación regional para el avance en el estudio de mamíferos marinos Antárticos*” donde se informa y se socializa con los países Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (APAL), entre otros temas relacionados con mamíferos marinos, los avances de manera general y cooperación internacional para el estudio de concentraciones de mercurio en pinnípedos como bioindicadores de la salud de los océanos, agradeciendo a los países cooperantes. Este documento se presentó en el marco de la XXX Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, realizada en la ciudad de Viña del Mar, Chile llevada a cabo entre el 29 de septiembre y el 02 de octubre de 2019.

6) Trabajo sometido para ser presentado en el “Open Sciences del SCAR 2020”, a realizarse en Hobart, Australia: Barragán-Barrera, D.C., Riet-Saprizza, F. G., Quiroga A., Mojica- Moncada, D.F, Negrete, J., Curtosi A., Luna-Acosta, A., Bustamante, P., Caballero, S. Genetic and toxicological status of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) around Antarctic waters with emphasis on the colony at Isla 25 de Mayo (King George Island) South Shetland Islands, Antarctic Peninsula.

Adicionalmente, en la Revista Digital Fulica, revista de divulgación científica, la investigadora Dalia C. Barragán-Barrera, como editora de la Revista, ha editado dos productos divulgativos en el número sobre mamíferos marinos. Un producto corresponde a un artículo divulgativo escrito por la investigadora Laura Valentina Hernández Ardila sobre el estado genético de la foca leopardo en la Península Antártica, y otros dos productos corresponden a video realizados por el investigador Diego Fernando Mojica Moncada sobre la metodología de censos de pinnípedos en la Antártica y el descongelamiento de esta área de la Antártica por aumento de temperatura.

Los respectivos jefes científicos de la II, III, IV y V expedición también han presentado en varias ocasiones y oportunidades a nivel nacional y con los países de la región, los objetivos

y resultados preliminares de los proyectos desarrollados durante las mencionadas expediciones de Colombia a la Antártica, entre los que se encuentra enmarcada esta investigación.

Finalmente, el pasado 17 de febrero de 2020, como aporte del proyecto y la Dirección General Marítima (DIMAR) a la divulgación de actividades y resultados de investigación del Programa Antártico Colombiano (PAC), y teniendo en cuenta las altas temperaturas registradas en la Península Antártica e inmediaciones (Bases Antárticas de Argentina Esperanza y Marambio (18 y 20°C)) y sus implicaciones en la fauna Antártica, dentro de ellos los pinnípedos, se realizó una nota periodística respondiendo una serie de preguntas relacionadas con la temática ¿Por qué la Antártica se está descongelando?, la cual fue publicada en diferentes medios, redes sociales y canales digitales pertinentes, disponible en: <https://micanal40.com/por-que-la-antartica-se-esta-descongelando/>.

Así mismo, según acuerdos de divulgación de la VI expedición y solicitud por parte del área de comunicaciones de la Comisión Colombiana del Océano (CCO) coordinadora del PAC, mediante correo electrónico enviado a todos los investigadores que hacen parte de la expedición, se envió el pasado 22 de febrero de 2020 material fotográfico y fílmico de las actividades de campo desarrolladas en el marco de la mencionada expedición para ser divulgadas en los canales pertinentes. De la misma forma se envió el material a la DIMAR.

15. Recomendaciones.

- Para la realización de censos de pinnípedos, se recomienda gestionar los cupos aprobados con los países cooperantes durante las fechas de apareamiento y nacimiento de crías de Elefantes Marinos del Sur (entre octubre y diciembre), ya que estas son las fechas más indicadas para encontrar el mayor número de individuos en las colonias para realizar los censos de manera efectiva.
- Se recomienda gestionar cupos con países que no soliciten costos adicionales para desarrollar la estancia en Antártica y/o para el transporte desde Punta Arenas o ciudad de viaje final hacia y desde Antártica. Estos requerimientos presupuestales adicionales pueden hacer inviable el viaje del investigador, debido a los altos costes en los cuales tiene que incidir la institución que avala el investigador.
- En la medida de las posibilidades, el Programa Antártico Colombiano (PAC) debe suministrar en calidad de préstamo dotación polar completa y renovada, para que se cree una identidad y uniformidad de los investigadores colombianos en el escenario internacional Antártico, tal y como lo hacen la gran mayoría de los demás países miembros del Sistema del Tratado Antártico que realizan investigación en el continente blanco.
- Se recomienda al PAC gestionar los recursos necesarios para que en el marco del componente de cooperación internacional el investigador representante del PAC que realice

una residencia o estancia en buque y/o estación científica de país amigo cooperante, lleve consigo y entregue una placa de agradecimiento del País y el PAC para entregar al Capitán del Buque y/o jefe de la respectiva base en reciprocidad por la cooperación. Lo anterior, visibilizaría y difundiría más la presencia del país y sus investigadores en la Antártica, que sin duda se verá reflejado en los escenarios y reuniones internacionales del Sistema del Tratado Antártico (STA) y de administradores de programas Antárticos a nivel regional e internacional.

16. Bibliografía.

Aguayo A, Acevedo J & S Cornejo (2011) La Ballena Jorobada, conservación en el Parque Marino Francisco Coloane. Fundación Biomar. 180 pp.

Aubail A, Mendez-Fernandez P, Bustamante P, Churlaud C, Ferreria M, Vingada JV & F Caurant (2013) Use of skin and blubber tissues of small cetaceans to assess the trace element content of internal organs. *Marine Pollution Bulletin*. 76: 158–169.

Augier H, Benkoel L, Chamlian A, Park WK & C Ronneau (1993) Mercury, zinc and selenium bioaccumulation in tissues and organs of Mediterranean striped dolphins *Stenella coeruleoalba* Meyen. *Toxicological result of their interaction*. *Cell. Mol. Biol.* 39, 621–634.

Acevedo J, Aguayo-Lobo A, Allen J, Botero-Acosta N, Capella J, Castro C, ... & PT Stevick (2017) Migratory preferences of humpback whales between feeding and breeding grounds in the eastern South Pacific. *Marine Mammal Science*, 33(4), 1035–1052. <http://doi.org/10.1111/mms.12423>

Barcena MA., Sesma, J., Isla, E. & A Palanques (2005) Respuesta del registro sedimentario a la ciclicidad solar en el estrecho de Gerlache (península Antártica). *Geogaceta*, 38, 179182.

Barragán-Barrera DC, May-Collado LJ, Tezanos-Pinto G, Islas-Villanueva V, Correa-Cárdenas CA. & Caballero S (2017). High genetic structure and low mitochondrial diversity in bottlenose dolphins of the Archipelago of Bocas del Toro, Panama: a population at risk? *PLoS ONE*. 12(12): e0189370. doi.org/10.1371/journal.pone.0189370

Barragán-Barrera, D. C.; K. B. do Amaral, P. A. Chávez-Carreño, N. Farías-Curtidor, R. Lanjeros-Neva, N. Botero-Acosta, P. Bueno, I. B. Moreno, J. Bolaños-Jiménez, L. Bouveret, D. N. Castelblanco-Martínez, J. A. Luksenburg, J. Mellinger, R. Mesa-Gutiérrez, B. de Montgolfier, E. A. Ramos, V. Ridoux y D. M. Palacios. 2019. Ecological niche modeling of three species of *Stenella* dolphins in the Caribbean Basin, with application to the Seaflower Biosphere Reserve. *Front. Mar. Sci.*, 6(10): 1–17.

Borrell A, Clusa M, Aguilar A & M Drago (2015) Use of epidermis for the monitoring of tissular trace elements in Mediterranean striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*). *Chemosphere*. 122, 288–294.

Bossart GD (2006) Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography*. 19(2), 134-137.

Brasso RL, Chiaradia A, Polito MJ, Rey AR & S.D. Emslie (2015) A comprehensive assessment of mercury exposure in penguin populations throughout the Southern Hemisphere: Using trophic calculations to identify sources of population-level variation. *Marine Pollution Bulletin*. 97(1), 408-418.

Bryan CE, Christopher SJ, Balmer BC & R S Wells (2007) Establishing baseline levels of trace elements in blood and skin of bottlenose dolphins in Sarasota Bay, Florida: Implications for non-invasive monitoring. *Science of the Total Environment*. 388, 325– 342.

Cáceres-Saez I, Goodall RNP, Dellabianca NA, Cappozzo HL & SR Guevara (2015) The skin of Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) as a biomonitor of mercury and selenium in Subantarctic waters. *Chemosphere*. 138, 735-743.

Camacho A, Rochera C, Hennebelle R, Ferrari C & A Quesada (2015) Total mercury and methyl-mercury contents and accumulation in polar microbial mats. *Science of The Total Environment*. 509, 145-153.

Cardellicchio N, Decataldo A, Di Leo A & S Giandomenico (2002) Trace elements in organs and tissues of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Mediterranean Sea (Southern Italy). *Chemosphere*. 49, 85–90.

Cárdenas, C., Casassa, G., Aguilar, X., Mojica-Moncada, D.F., Johnson, E & Brondi, F. (2020). From Space to Earth: physical and biological impacts of glacier dynamics in the marine system by means of Remote Sensing at Almirantazgo Bay, Antarctica. LAGIRS 2020: 2020 Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference, Santiago, Chile, 22 – 26 March 2020.

CBI- Comisión Ballenera Internacional (1991) Report of the ad-hoc working group on the effect of biopsy sampling on individual cetaceans. *Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 13)*, 23-27.

De Miguel E, Clavijo D, Ortega MF & A Gómez (2014) Probabilistic meta-analysis of risk from the exposure to Hg in artisanal gold mining communities in Colombia. *Chemosphere*. 108, 183-189.

Dorneles P, Lailson-Brito J, Secchi ER, Dirtu A, Weijs L, Dalla-Rosa L, Bassoi M, Cunha HA, Azevedo AF & A Covaci (2015) Levels and profiles of chlorinated and brominated contaminants in Southern Hemisphere humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. *Environmental Research*. 138, 49–57.

Dos Santos, IR, Silva-Filho EV, Schaefer C, Sella SM, Silva CA, Gomes V, ... & P Van Ngan (2006) Baseline mercury and zinc concentrations in terrestrial and coastal organisms of Admiralty Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*. 140(2), 304-311.

Drummond AJ, Ashton B, Cheung M, Heled J, Kearse M, Moir R, et al. Geneious Pro V4.8.5. (2009). Available from: http://www.geneious.com/default,503,previous_geneious_versions.sm.

Ebinghaus R, Kock HH, Temme C, Einax JW, Löwe AG, Richter A, ... & WH Schroeder (2002) Antarctic springtime depletion of atmospheric mercury. *Environmental science & technology*. 36(6), 1238-1244.

Elfes CT, Vanblaricom GR, Boyd D, et al. (2010) Geographic variation of persistent organic pollutant levels in humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding areas of the North Pacific and North Atlantic. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 824–834.

Endo T, Haraguchi K & M Sakata (2002) Mercury and selenium concentrations in the internal organs of toothed whales and dolphins marketed for human consumption in Japan. *The Science of the Total Environment*. 300, 15–22.

Endo T, Haraguchi K, Hotta Y, Hisamichi Y, Lavery S, Dalebout ML, & CS Baker (2005) Total Mercury, Methyl Mercury, and Selenium Levels in the Red Meat of Small Cetaceans Sold for Human Consumption in Japan. *Environ. Sci. Technol.* 39, 5703-5708.

Excoffier L, Smouse PE, Quattro JM. (1992). Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*. 131: 479–491. pmid:1644282

Farías-Curtidor, N., D. C. Barragán-Barrera, P. A. Chávez-Carreño, C. Jiménez-Pinedo, D. Palacios, D. Caicedo, F. Trujillo y S. Caballero. 2017. Range extension for the common dolphin (*Delphinus sp.*) to the Colombian Caribbean, with taxonomic implications from genetic barcoding analysis. *PLoS ONE*, 12(2): e0171000.

Flórez-González L, Ávila IC, Capella J, Falk P, Félix F, Gibbons J, ... & K Van Waerebeek. (2007). Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales. Fundación Yubarta.

Frodello JP; Vaile D & P Merchald (2002) Metal Concentrations in Milk and Tissues of a Nursing *Tursiops truncatus* Female. *Marine Pollution Bulletin*. 44, 551.

Gilson A, Syvanen M, Levine K, Banks J. (1998). Deer gender determination by polymerase chain reaction: validation study and application to tissues, bloodstains and hair forensic samples from California. *Calif Fish Game*. 84: 159–169.

Giraldo A., Críales-Hernández MI, Jeréz-Guerrero M, y Mojica-Moncada DF. (2019). Mesozooplankton biomass and epipelagic copepod assemblages in the Gerlache Strait (Antarctica) during the 2015 austral summer. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 48(1): 9–26.

Gorgone AM, Haase P, Griffith ES & A Hohn (2008) Modelling response of target and nontarget dolphins to biopsy darting. *Journal of Wildlife Management*. 72, 926-932.

Holm-Hansen, O. and B. G. Mitchell. 1991 Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region. *Deep Sea Res. Part II. Top. Stud. Oceanogr.*, 38: 961-980.

Honda K, Yamamoto Y, Kato H & R Tatsukawa (1987) Heavy metal accumulations and their recent changes in southern minke whales *Balaenoptera acutorostrata*. *Arch Environ Contam Toxicol*. 16, 209-216.

Howard BC (2015) 337 whales beached in largest stranding ever. *National Geographic*. En línea: <http://news.nationalgeographic.com/2015/11/151120-worlds-largest-whalestrandingseichile-animals/>

Isla E., Masque P., Palanques A., Guillén, J., Puig P., Sanchez-Cabeza J.A. (2004). Sedimentation of biogenic constituents during the last century in western Bransfield and Gerlache Straits, Antarctica: a relation to currents, primary production, and sea floor relief. *Marine Geology* 209 (2004) 265-277.

Johnston DW, Friedlaender AS, Read AJ & DP Nowacek (2011) Initial density estimates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the inshore waters of the western Antarctic Peninsula during late autumn. *Endangered Species Research*. 18(1), 63-71.

King J, Saunders M, Lee R & A Jahnke (1999) Coupling mercury methylation rates to sulfate reduction rates in marine sediments. *Environ. Toxicol. Chem* 18, 1362-1369.

Kiszka JJ, Simon-Bouhet B, Charlier F, Pusineri C. & V Ridoux (2010) Individual and group behavioural reactions of small delphinids to remote biopsy sampling. *Animal Welfare*. 19, 411-417.

Krützen M, Barre LM, Möller LM, Heithaus M R, Simms C. & WB Sherwin (2002) A biopsy system for small cetaceans: darting success and wound healing in *Tursiops spp.* *Marine Mammal Science*. 18: 863-878.

Kunito T, Watanabe I, Yasunaga G, Fujise Y & S Tanabe (2002) Using trace elements in skin to discriminate the populations of minke whales in southern hemisphere. *Marine environmental research*. 53(2), 175-197.

Kunito T, Nakamura S, Ikemoto T, Anan Y, Kubota R, Tanabe S, Rosas FCW., Fillmann G. & JW Readman. (2004). Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast. *Marine Pollution Bulletin*. 49: 574-587.

Lancelot, C., S. Mathot, C. Veth, and H. W. de Baar. 1993. Factors controlling phytoplankton ice-edge blooms in the marginal ice-zone of the Northwestern Weddell Sea during sea ice retreat 1988. Field observations and mathematical model. *Polar Biol.*, 13 (6): 377–387.

Law RJ, Fileman CF, Hopkins AD, Baker JR, Harwood J, Jackson DB, Kennedy S, Martin AR & RJ Morris (1991) Concentrations of trace metals in the livers of marine mammals (seals, porpoises and dolphins) from waters around British Isles. *Mar. Pollut. Bull.* 22, 183– 191.

Mann J (2000) *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales*. University of Chicago Press. Martineau D, Lemberger K, Dallaire A, Labelle P, Lipscomb P, Michel P & I Mikaelian (2002) Cancer in wildlife, a case study: Beluga from the St. Lawrence estuary, Quebec, Canada. *Journal of Comparative Pathology.* 98, 287–311.

Mason RP, Fitzgerald WF & FMM Morel (1994) The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 3191– 3198.

May-Collado L J & D Wartzok (2008) A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: insights on factors promoting whistle variation. *J. Mammal.* 89, 1229-1240.

Mojica-Moncada, D. F., C. Cárdenas, J. F. Mojica-Moncada, D. Holland y G. Casassa. 2019. Estudio del Glaciar Lange y su impacto por cambio climático en la Bahía de Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártica durante el verano austral 2018 – 2019. XVIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Octubre, 2019. Barranquilla, Colombia. Oral.

Mojica-Moncada, D.F., Cárdenas, C., Mojica Moncada, J.F., Holland, D., Brondi, F., Marangunic, C., Barragán-Barrera, D.C., Franco, A. & Casassa, G. (2020). Study of the Lange Glacier and its impact on Climate Change in the Admiralty Bay, King George Island, Antarctica during the Austral Summer 2018 – 2019. *Bol. Invest. Mar. Cost.* (submitted).

Morel FM, Kraepiel AML & M Amyot (1998) The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 543–566.

Negrete, J. (2011). Estructura, dinámica, mediaciones y consecuencias de las interacciones agonísticas entre machos de Elefante Marino del Sur (*Mirounga leonina*) en la Isla 25 de Mayo, Antártida. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de la Plata. 201 pp.

Nicol S, Foster J & S Kawaguchi (2012) The fishery for Antarctic krill—recent developments. *Fish and Fisheries.* 13(1), 30-40.

Nicol S & Y Endo (1997) Krill fisheries of the world (No. 367). Food & Agriculture Org.

Nowacek DP, Friedlaender AS, Halpin PN, Hazen EL, Johnston DW, Read AJ, ... & Y Zhu (2011) Super-aggregations of krill and humpback whales in Wilhelmina Bay, Antarctic Peninsula.

PLoS One. 6(4), e19173.

O'Shea T J & RL Brownell Jr. (1994) Organochlorine and metal contaminants in baleen whales: A review and evaluation of conservation implications. *Science of the Total Environment*. 154, 179–200.

Parsons KM, Durban JW & DE Claridge (2003) Comparing two alternative methods for sampling mall cetaceans for molecular analysis. *Marine Mammal Science*. 19, 224–231.

Pompe-Gotal J, Srebocan E, Gomercic H & A Prevendar Crnic (2009) Mercury concentrations in the tissues of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) stranded on the Croatian Adriatic coast. *Veterinarni Medicina*. 54(12), 598–604.

Reeves R, Stewart B, Clapham P & J. Jr. Powel (2002) Guide to marine mammals of the World. National Audubon Society. Editorial Alfred A. Knopf. Nueva York. 527 pp.

Reilly S, Hedley S, Borberg J, Hewitt R, Thiele D, Watkins J & M Naganobu (2004) Biomass and energy transfer to baleen whales in the South Atlantic sector of the Southern Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 51(12), 1397–1409.

Sanders JG, Beichman AC, Roman J, Scott J J, Emerson D, McCarthy JJ & PR Girguis (2015) Baleen whales host a unique gut microbiome with similarities to both carnivores and herbivores. *Nature communications*. 6.

Sanger F, Coulson AR. (1975). A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *J Mol Biol*. 94(3): 441–446. pmid:1100841

Santos IR, Schaefer CE, Silva-Filho EV, Albuquerque M, & MR Albuquerque-Filho (2004) Contaminantes antrópicos em ecossistemas antárticos: estado-de-arte. *Ecossistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima. Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. Viçosa, NEPUT. 95–106.

Schwalbe, E., Koschitzki, R., Johnson, E., Mojica-Moncada, D.F., Schröter, B., Cárdenas, C., Casassa, G. & Maas, H.G. (2020). Stereo-photogrammetric measurement of spatio-temporal velocity fields at Lange Glacier, King George Island. *LAGIRS 2020: 2020 Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference, Santiago, Chile, 22 – 26 March 2020*.

Schroeder WH, Anlauf KG, Barrie LA, Lu JY, Steffen A, Schneeberger DR & T Berg (1998) Arctic springtime depletion of mercury. *Nature*. 394(6691), 331–332.

Smith, R.C., H. M. Diersen and M. Vernet. 1996. Phytoplankton biomass and productivity in the western Antarctic Peninsula region. *Foundations for Ecological Research West of the Antarctic Peninsula*. Antarctic Research Series 70, 333–356.

- Stavros HCW, Stolen M, Durden WN, McFee W, Bossart GD & PA Fair (2011) Correlation and toxicological inference of trace elements in tissues from stranded and free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Chemosphere*. 82, 1649–1661.
- Stein E, Cohen Y & A Winer (1996) Environmental distribution and transformation of mercury compounds. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 26, 1–43.
- Storelli MM, Ceci E & GO Marcotrigiano (1998) Comparison of total mercury, methylmercury and selenium in the liver of *Stenella coeruleoalba* (Meyen) and *Caretta caretta* (Linnaeus). *Bull Environ Contam Toxicol.* 61, 541–547.
- Storelli MM & GO Marcotrigiano (2000) Environmental Contamination in Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*): Relationship Between Levels of Metals, Methylmercury, and Organochlorine Compounds in an Adult Female, Her Neonate, and a Calf. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64, 333–340.
- Sun L, Yin X, Liu X, Zhu R, Xie Z & Y. Wang (2006) A 2000-year record of mercury and ancient civilizations in seal hairs from King George Island, West Antarctica. *Science of the Total Environment*. 368(1), 236–247.
- Tezanos-Pinto G. & C S Baker (2011) Short-term reactions and long-term responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to remote biopsy. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 1, 1–17.
- Thomas PO, Reeves RR & RL Brownell (2015) Status of the world's baleen whales. *Marine Mammal Science*. 32(2), 682–734.
- Varela, M., E. Fernandez and P. Serret. 2002. Size-fractionated phytoplankton biomass and primary production in the Gerlache and south Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) in Austral summer 1995–1996. *Deep-Sea Res. Part II. Top. Stud. Oceanogr.*, 49(4): 749–768.
- Wells RS, Rhinehart HL, Hansen LJ, Sweeny JC, Townsend FI, Stone R et al. (2004) Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: developing a health monitoring system. *Eco-Health*. 1, 246–54.
- Weisbrod AV, Shea D, Moore MJ & JL Stegeman (2000) Organochlorine exposure and bioaccumulation in the endangered Northwest Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) population. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 19(3), 654–666. Wiener JG, Krabbenhoft DP, Heinz GH & AM Scheuhammer (2003) Ecotoxicology of mercury. *Handbook of ecotoxicology*. 2, 409–463.
- Wright, S. (1965). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evol.* 19: 395–420.

17. Apéndices.

Publicación en memorias congreso y póster: Barragán-Barrera, D. C.; Riet-Sapriza, F. G.; Quiroga, A.; Mojica-Moncada, D. F.; Negrete, J. & Caballero, S. 2019. Mitochondrial phylogeography of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) around Antarctic waters with emphasis on the population structure of the colony at Isla 25 de Mayo (King George Island) South Shetland Islands, Antarctic Peninsula. 2nd World Marine Mammal Conference 2019. Diciembre 9 – 12, 2019. Barcelona, España. Póster

948

WMMC 2019

macuáticos

Universidad de los Andes

LEMVA

Dimar

Mitochondrial phylogeography of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) around Antarctic waters with emphasis on the population structure of the colony at Isla 25 de Mayo (King George Island) South Shetland Islands, Antarctic Peninsula

Dalia C. Barragán-Barrera^{1,2,3,4}, Federico G. Riet-Sapriza¹, Alejandro Quiroga¹, Diego F. Mojica-Moncada^{3,4}, Javier Negrete⁵, and Susana Caballero¹
Contact: dalia.c.barraganbarrera@gmail.com

¹Laboratorio de Biología Molecular de Vertebrados Acuáticos-LEMVA, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes, Carrera 1 No. 10A, 10, Bogotá, Colombia.
²Universidad Metropolitana, Carrera 27 # 73-107, Masallé, Colombia.
³Programa Antártico OCEANOS, Carrera 35 #31-89, Oficina 308 Edificio World Business Center/WBC, Bogotá, Colombia.
⁴Centro General Marina-CoMAR, Centro de Investigaciones Geográficas e Hidrográficas del Caribe, Cerro Sopea, Sector Miraflores, Estación Naval, 34 Calleja "Amaranta Páez", Cartagena de Indias, Colombia.
⁵Departamento de Biología de Vertebrados Terrestres, Instituto Argentino de Oceanografía, Avenida 25 de Mayo, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCTION

The southern elephant seal (SES) (*Mirounga leonina*) has a circumpolar distribution, breeding mainly on sub-Antarctic islands, and making long trips up to thousands of kilometers between breeding colonies, molting locations and foraging areas (Fig. 1).

Reproductive areas
 northern limit
 Valdés Peninsula, Argentina
 42° south latitude

Reproductive areas
 Southern limit
 25 de Mayo Island
 62°14'S, 58°40'W

Figure 1. Home range of the southern elephant seal, including breeding and molting locations.

RESULTS AND DISCUSSION

- The mtDNA-CR results: SES from Isla 25 de Mayo (King George Island, KGI) are closely related with individuals from Elephant Island, Livingston Island, and Islas Malvinas (Falkland Islands), but maintain restricted genetic flow with individuals from Victoria Land Coast in the Ross Sea and Macquarie Island (Fig. 2).

Five colonies:

- 1 Cerros (Isla 25 de Mayo-KGI)
- 2 Livingston
- 3 Mar de Boro (Victoria - Malvinas)
- 4 Isla Livingston
- 5 Islas Malvinas

Figure 2. Genetic divergence of the southern elephant seal in Antarctica based on mtDNA-CR data.

- Microsatellite results: High genetic diversity (allele number ranging between 2 and 12; observed heterozygosity ranging between 0.422 and 0.883). Parentage analyses ran on ML-relate software identified 2% of individuals in the sample as mother-offspring, 16% as full/half siblings and 82% as unrelated individuals.

- These results agree with previous findings of long-distance genetic dispersal mediated mainly by SES males.

- Migration, accompanied by high genetic diversity may facilitate dispersal and discovery of emergent habitats, particularly in the potential loss of habitat due to climate change.

METHODOLOGY

20-year

n=30

13 loci Microsatélites

GROUP
 (R) Genetic heterozygosity
 CERVISUS
 Análisis de parentesco

ACKNOWLEDGMENTS

Este artículo es el resultado de un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (Minciencias) y el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) de Chile. Los autores agradecen al personal de la Estación Científica de Isla 25 de Mayo (King George Island) por su apoyo logístico durante el desarrollo del proyecto. Los autores agradecen al personal de la Estación Científica de Isla 25 de Mayo (King George Island) por su apoyo logístico durante el desarrollo del proyecto. Los autores agradecen al personal de la Estación Científica de Isla 25 de Mayo (King George Island) por su apoyo logístico durante el desarrollo del proyecto.

Formato colecta de muestras de piel de Elefantes Marinos del Sur (*Mirounga leonina*) en la ZAEP No. 128, Antártica

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
1	A2	14/02/2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 095927 - 102858	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
2	A3	14/02/2020	ASPA N° 128	Before Rakusa Point	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 103841 - 112001	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
3	A4	14/02/2020	ASPA N° 128	After Rakusa Point	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	GOPRO003 - Samsung 112608 - 112727	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
4	A5	14/02/2020	ASPA N° 128	After Rakusa Point	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 124002 - 124009	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
5	A6	14/02/2020	ASPA N° 128	Before Rakusa Point	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	GOPRO008	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
6	A7	14/02/2020	Arctowski Station KGI	Arctowski Cove	62° 09' 32.3" S	58° 28' 20.0" W	74	GOPR5605 - 5701 - Samsung 150653 - 154944	Diego Mojica					
7	A8	15/02/2020	Arctowski Station KGI	Arctowski Cove	62° 09' 32.3" S	58° 28' 20.0" W	74	GOPR5702 - 5729 - Samsung 115859 - 141110	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
8	A9	16/02/2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 144329 - 145154	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
9	A10	16/02/2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 145709 - 150225	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
10	B1	16/02/2020	ASPA N° 128	Before Rakusa Point	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 151110 - 152126	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
11	B2	16/02/2020	ASPA N° 128	Before Rakusa Point	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 152744 - 153944	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
12	B3	16/02/2020	ASPA N° 128	Before Rakusa Point	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 154917 - 155121	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
13	B4	16/02/2020	ASPA N° 128	After Rakusa Point	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 161112 - 161921	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska					
14	B5	25/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
15	B6	25/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
16	B7	25/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
17	B8	25/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
18	B9	25/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
19	B10	25/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
20	C1	25/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
21	C2	25/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica					
22	C3	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
23	C4	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					
24	C5	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					
25	C6	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					
26	C7	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					
27	C8	25/02/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica					
28	C9	26/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 071743 - 084543	Diego Mojica					
29	C10	26/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 071743 - 084543	Diego Mojica					
30	D1	26/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 071743 - 084543	Diego Mojica					
31	D2	26/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 071743 - 084543	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
32	D3	26/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 091115 - 095729	Diego Mojica					
33	D4	26/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 091115 - 095729	Diego Mojica					
34	D5	26/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 091115 - 095729	Diego Mojica					
35	D6	26/02/2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 091115 - 095729	Diego Mojica					
36	D7	26/02/2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 082937 - 083506	Diego Mojica					
37	D8	08/03/2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 175052 - 175912	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
38	D9	08/03/2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 175052 - 175912	Diego Mojica					
39	D10	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
40	E1	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
41	E2	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
42	E3	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
43	E4	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					

Muestra de Piel y Grasa #	Código Muestra	Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos y Videos	Investigadores	<i>Mirounga leonina</i>				
										Macho		Hembra		
										Subadulto 4 - 6 años	Adulto > 8 años	Juvenil 3 años	Subadulto 4 - 6 años	Adulto 10 años
44	E5	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
45	E6	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
46	E7	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
47	E8	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					
48	E9	09/03/2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica					

Formato colecta de datos censos de pinnípedos en la ZAEP No. 128, Antártica

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho Adulto 7 años	Hembra Adulto 7 años	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
14/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 095927 - 102858	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	7†	/	5†	4	/	/	/	16
14/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 103841 - 112001	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	4	/	/	/	1†	/	/	/	/	5
14/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	GOPRO003 - Samsung 112608 - 112727	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	4† - 1Û	/	/	/	/	/	/	5
14/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 124002 - 124009	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	GOPRO008	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14/02/ 2020	Arctowski Station KGI	Arctowski Cove	62° 09' 32.3" S	58° 28' 20.0" W	74	GOPR5605 - 5701 - Samsung 150653 - 154944	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	/	/	/	/	2	/	1	3
Total Censo 1:								4	/	12	/	6 †	4	2	/	1	29

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años								
16/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 144329 - 145154, 145709 - 150225	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	6 †	/	4 †	7	/	/	/	17
16/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 151110 - 152126, 152744 - 153944, 154917 - 155121	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	4	/	1 †	/	3 †	1	/	/	/	9
16/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 161112 - 161921	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	3 †	/	1 †	/	/	/	/	4
Total Censo 2:								4	/	10 †	/	8 †	8	/	/	/	30
17/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	115039 (ver Canon)	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	5 †	/	3 †	3	/	/	/	11
17/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 115445 - 115512 (ver Canon)	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	1	/	/	/	2 †	1	/	/	/	4
17/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	/	Diego Mojica / Katarzyna Komarowska	/	/	/	/	/	1	/	/	/	1
Total Censo 3:								1	/	5 †	/	5 †	4	/	/	/	15

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años								
19/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 172618 - 181458	Diego Mojica	/	/	3 †	/	3 †	2	/	/	/	8
19/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	GOPR5752 - 5757 - Samsung 182048 - 182506	Diego Mojica	1	/	/	/	2 †	/	/	/	/	3
19/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	/	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Total Censo 4:								1	/	3 †	5 †	2	/	/	/	11	
20/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 141607 - 143000	Diego Mojica	/	/	2 †	/	3 †	/	/	/	/	5
20/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	/	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	/	Diego Mojica	/	/	/	/	/	1	/	/	/	1
Total Censo 5:								/	/	2 †	3 †	1	/	/	/	6	

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años								
22/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 144154 - 144303	Diego Mojica	/	/	2 †	/	1 †	3	/	/	/	6
22/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	/	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 153427 - 153541	Diego Mojica	/	/	/	/	1 †	1	/	/	/	2
Total Censo 6:								/	/	2 †	/	2 †	4	/	/	/	8
24/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 093840 - 093847 (ver GoPro)	Diego Mojica	/	/	/	/	/	2	/	/	/	2
24/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	Samsung 094741 - 095336 (ver GoPro)	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	Samsung 102801 - 115226 (ver GoPro)	Diego Mojica	/	/	/	/	/	5	/	/	/	5
Total Censo 7:								/	/	/	/	/	7	/	/	/	7

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años								
25/02/ 2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica	1	/	5 †	/	1 †	21	1	1	/	30
25/02/ 2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 075357 - 094808	Diego Mojica	1	5	9 † - 1 †	/	/	27	/	/	/	43
25/02/ 2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	Samsung 112339 - 131328	Diego Mojica	31	12	12 † - 9 †	/	13 †	54	/	/	/	131
Total Censo 8:								33	17	36	/	14 †	102	1	/	/	204
25/02/ 2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 071743 - 084543	Diego Mojica	2	6	7 † - 1 †	/	3 †	17	/	/	/	36
25/02/ 2020	ASPA N° 128	Uchatka Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 091115 - 095729	Diego Mojica	/	3	1 † - 3 †	/	/	6	/	/	/	13
Total Censo 9:								2	9	12	/	3	23	/	/	/	49
29/02/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	NO	Diego Mojica	/	/	/	/	/	5	/	/	/	5

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos 4 - 6 años	Juvenil 1 año	Juvenil 2 - 3 años					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años								
29/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	NO	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
29/02/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	NO	Diego Mojica	/	/	/	/	/	2	/	/	/	2
Total Censo 10:								/	/	/	/	/	7	/	/	/	7
04/03/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Ver Samsung	Diego Mojica	/	/	/	/	/	2	/	/	/	2
04/03/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point North	62° 09' 43.6" S	58° 27' 42.8" W	73	NO	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
04/03/ 2020	ASPA N° 128	Rakusa Point South	62° 09' 58.0" S	58° 27' 31.6" W	71	NO	Diego Mojica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Total Censo 11:								/	/	/	/	/	2	/	/	/	2
08/03/ 2020	Near to Arctowski Station KGI	Near to the "ASPA 128" sign, close to Halfmoon Cove	62° 09' 42.2" S	58° 27' 55.4" W	69	Samsung 175052 - 175912	Diego Mojica	/	/	1♂ - 1♀	/	/	/	/	/	/	2
Total Censo 12:								/	/	2	/	/	/	/	/	/	2
09/03/ 2020	ASPA N° 128	Demay Hut - Paradise Cove	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Canon 5176 - 5182	Diego Mojica	1	2	/	/	/	*	/	/	/	3
09/03/ 2020	ASPA N° 128	Uchatks Point - Near Demay Hunt	62° 12' 54.2" S	58° 26' 22.3" W	76	Samsung 131656 - 131702	Diego Mojica	5	5	3♀	/	1♀	*	/	/	/	14

Fecha	Lugar	Localidad	Latitud	Longitud	Waypoint Garmin 650 T GPS	Fotos	Investigadores	<i>Elefantes Marinos del Sur Mirounga leonina</i>					<i>Arctocephalus gazella</i>	<i>Leptonychotes weddellii</i>	<i>Hydrurga leptonyx</i>	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Total
								Macho	Hembra	Sub adultos	Juvenil	Juvenil					
								Adulto 7 años	Adulto 7 años	4 - 6 años	1 año	2 - 3 años					
09/03/ 2020	ASPA N° 128	Blue Dyke	62° 13' 31.7" S	58° 26' 59.8" W	78	GoPro 10012 - 0853 - Samsung 104758 - 131702	Diego Mojica	34	/	8 [↑]	1	/	*	/	/	/	43
Total Censo 13:								/	/	/	/	/	2	/	/	/	60

* No se realizó el censo de *A. gazella* por falta de tiempo retomo bote zódiac hacia Arctowski (se dió prioridad a colecta de muestras de *M. leonina*)

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Diego Fernando Mojica-Moncada, MsC.**

Institución: **Dirección General Marítima (DIMAR) – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)**

Cargo: **Asesor e Investigador en Asuntos Antárticos**

Correo: **asuntosantarticos@gmail.com / dmojica@dimar.mil.co**

Teléfono: **316 729 1221**

Nombre: **Dalia C. Barragán-Barrera, PhD.**

Institución: **Dirección General Marítima (DIMAR) – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), Fundación Macuáticos Colombia y Universidad de los Andes**

Cargo: **Investigadora Postdoctoral Asociada al CIOH - DIMAR**

Correo: **daliac.barraganbarrera@gmail.com**

Teléfono: **311 400 3370**

Anexo 8

Esfuerzo de observación de mamíferos marinos antárticos

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Biodiversidad mamíferos marinos antárticos.	Biología.	Especies emblemáticas. Especies migratorias. Ballenas jorobadas
Distribución y ecología de mamíferos marinos antárticos.	Biología y ecología.	Especies emblemáticas en el mar de Ross.
Ecosistemas marinos, costeros y continentales: cambio ambiental y conservación.	Ecosistemas marinos antárticos.	Estado, estructura y funcionamiento de los ecosistemas Antárticos.

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Nohelia Farías Curtidor	Pontificia Universidad Javeriana y Fundación Macuáticos Colombia (FMC)	Observación y registro de mamíferos marinos, aves, datos ambientales y toma de registros fotográficos en las rutas Nueva Zelanda- Antártica, Mar de Ross y Antártica-Nueva Zelanda.
Diego Fernando Mojica Moncada	Dirección General Marítima (DIMAR) - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)	Investigador asociado al proyecto. Viajó a la Antártica bajo el componente de cooperación internacional con la delegación de Polonia, para realizar el trabajo de campo de otro proyecto.
Dalia C. Barragán Barrera	FMC y DIMAR - CIOH	Apoyo logístico y científico desde Colombia. Investigadora asociada encargada de realizar análisis de datos. No realizó trabajo de campo en la Antártica.

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Entre el 06 de enero hasta el 18 de febrero de 2020 se realizó el esfuerzo de observación de

mamíferos marinos, cubriendo la mayor parte de la ruta Nueva Zelanda-Antártica-Nueva Zelanda. El esfuerzo fue realizado cuando las condiciones oceanográficas y climáticas lo permitían. Adicionalmente, se cubrió toda la ruta que realizó la campaña Oceanográfica del Programa Antártico Italiano en el mar de Ross. Este proyecto se realizó en su totalidad a bordo del buque italiano rompehielos y oceanográfico Laura Bassi.

4. Otras entidades participantes.

Las instituciones afiliadas al proyecto incluyen a la Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos, Conservación Internacional – Colombia, Fundación Omacha, Fundación Yubarta, Fundación Macuáticos Colombia, Universidad de los Andes, Pontificia Universidad Javeriana y Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe CIOH de la Dirección General Marítima (DIMAR). Además de las instituciones asociadas al proyecto y a los investigadores, se contó con el apoyo de la Comisión Colombiana del Océano, el Programa Nacional de Investigación en la Antártida de Italia, la Agencia Nacional para las Nuevas Tecnologías, la Energía y el Desarrollo Económico Sostenible (ENEA), estas dos últimas instituciones brindaron el cupo en el buque Laura Bassi a la investigadora que desarrollo sus actividades de campo a bordo.

La investigadora Nohelia Farías Curtidor agradece a la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana por haber sido la patrocinadora de su viaje y haber hecho posible su participación en el marco del componente de cooperación internacional de la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica, verano austral 2019 – 2020.

5. Objetivo general del proyecto.

Colectar datos de distribución y ecología de especies de mamíferos marinos con el fin de entender su capacidad adaptativa para enfrentar eventos naturales y antropogénicos en corto, mediano y largo plazo, de manera que se pueda establecer y coordinar medidas de manejo y conservación a nivel local, nacional y regional.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

Colectar datos de ocurrencia y abundancia de mamíferos marinos en el mar de Ross y en la ruta Nueva Zelanda – Antártica – Nueva Zelanda.

Identificar y corroborar las principales áreas de uso de los mamíferos marinos en relación con las condiciones oceanográficas del área.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

La fase de campo se realizó a bordo del buque italiano rompehielos y oceanográfico Laura Bassi.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

Durante el 06 de enero y el 18 de febrero de 2020 la investigadora Nohelia Farías Curtidor, estuvo a bordo del buque italiano Laura Bassi realizando un esfuerzo de observación de mamíferos marinos y aves recolectando datos de geoposicionamiento, especie, número de individuos, datos ambientales y registro fotográfico.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

El buque Laura Bassi zarpó de la ciudad de Lyttelton (Nueva Zelanda) el día 06 de enero, hacia el mar de Ross, Antártica. El buque realizó transectos desde la parte oriental hacia la parte occidental, para desarrollar actividades de investigación oceanográfica. Posteriormente, el 12 de febrero el buque volvió a zarpar desde la estación italiana Mario Zucchelli con rumbo a Nueva Zelanda; este último trayecto duró seis días, arribando el 18 de febrero de 2020 a Lyttelton (Nueva Zelanda). Durante ese periodo a bordo del buque Laura Bassi, se desarrollaron las siguientes actividades:

Avistamiento desde embarcación:

El esfuerzo de observación de mamíferos marinos se realizó aproximadamente durante ocho horas diarias, con ayuda de binoculares desde el puente y alas de la embarcación a estribor y babor durante la trayectoria realizada en aguas del Pacífico sur y del mar de Ross, Antártica. La ruta seguida durante los periodos de observación fue registrada por medio de un GPS. Los registros fotográficos (Figura 1) fueron tomados con una cámara fotográfica Nikon D 5600, con un teleobjetivo de 70-300mm.

*Figura 1. Registro fotográfico de una ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata/ bonaerensis*) en el mar de Ross, Antártica (Foto: Nohelia Farías Curtidor – Pontificia Universidad Javeriana).*



Las condiciones ambientales (temperatura del agua, aire, dirección e intensidad del viento y estado del mar) fueron registrados periódicamente en formatos predeterminados por el grupo de investigación. Cada vez que alguna especie de mamífero marino fue avistada se registró las condiciones ambientales. Para cada avistamiento, se asignó un número consecutivo, se registró la fecha y hora, se determinó la especie, se tomaron las coordenadas geográficas, el número de individuos, la presencia de crías, se tomaron registros fotográficos y se anotaron las observaciones relevantes.

Además, se aprovechó la plataforma de observación para realizar registros de todas las especies que se pudieran observar durante los recorridos, como aves y peces. Para estos grupos solo se registró la especie, número de individuos, categoría etaria y geoposicionamiento.

10. Resultados preliminares.

Durante esta campaña se realizaron 80 avistamientos, en los cuales se reportaron cinco especies de cetáceos y cuatro especies de pinnípedos. En 35 días, se hizo un esfuerzo total de 226 horas y 11 minutos. Adicionalmente, se registraron 146 avistamientos de aves de 15 especies diferentes, posteriormente se espera elaborar un mapa con la distribución de estos avistamientos.

En total nueve especies de mamíferos marinos fueron registrados. Dentro de los pinnípedos, se observó a la foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*), la foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*), el lobo marino de Nueva Zelanda (*Arctocephalus forsteri*) y la foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*). Dentro del orden cetácea, específicamente en el suborden Mysticeti o ballenas verdaderas, se avistó a la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata/bonaerensis*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Del orden Odontoceti o delfines y ballenas dentadas, se reportaron a la orca (*Orcinus orca*) y el delfín de Héctor (*Cephalorhynchus hectori*) (Tabla 1). Esta última especie es la única de todas las especies de mamíferos acuáticos reportados, que se encuentra en peligro de extinción.

Tabla 1. Avistamientos de mamíferos marinos realizados durante la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica y la XXXV Expedición científica de Italia a la Antártica (Convenciones de UICN incluyen LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazado, DD: Datos deficientes, EN: En peligro)

Orden	Suborden	Familia	Especie	Nombre común	# de Avistamientos	UICN
Artiodactyla	Misticetos	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera acutorostrata / bonaerensis</i>	Ballena Minke	46	LC / NT
			<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena Jorobada	3	LC

Orden	Suborden	Familia	Especie	Nombre común	# de Avistamientos	UICN
Artiodactyla	Misticetos	Balaenopteridae		Ballena sin identificar	3	
	Odontocetos	Delphinidae	Orcinus orca	Orca	6	DD
			Cephalorhynchus hectori	Delfín de Héctor	1	EN
Subtotal					59	
Carnívora	Pinnípedos	Phocidae	Lobodon carcinophagus	Foca cangrejera	11	LC
			Leptonychotes weddellii	Foca de Weddell	7	LC
			Hydrurga leptonyx	Foca leopardo	1	LC
		Otariidae	Arctocephalus forsteri	Lobo marino de Nueva Zelanda	2	LC
Subtotal					21	
TOTAL					80	

Respecto a las aves, en total se obtuvieron 146 avistamientos, registrando 15 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Registros de aves realizados durante la VI Expedición Científica de Colombia a la Antártica y la XXXV Expedición científica de Italia a la Antártica (Convenciones de UICN incluyen LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazado, VU: Vulnerable, EN: En peligro)

Orden	Familia	Especie	Nombre común	UICN
Procellariiformes	Diomedidae	Phoebetria fusca	Albátros ahumado	EN
		Thalassarche melanophris	Albatros de ceja negra	LC
		Diomedea epomophora	Albatros real	VU
	Procellariidae	Pachyptila belcheri	Pato petrel pico fino	LC
		Fulmarus glacialis	Fulmar austral	LC
		Procellaria aequinoctialis	Pardela gorgiblanca	VU
		Pterodroma lessonii	Petrel cabeciblanco	LC
		Macroneces giganteus	Petrel gigante antártico	LC
		Thalassoica antarctica	Petrel antártico	LC
		Pagodroma nivea	Petrel de la nieve	LC

Orden	Familia	Especie	Nombre común	UICN
Procellariiformes	Procellariidae	Daption capense	Petrel damero	LC
	Oceanitidae	Fregetta grallaria	Golondrina de mar de vientre blanco	LC
Sphenisciformes	Spheniscidae	Aptenodytes forster	Pingüino emperador	NT
		Pygoscelis adeliae	Pingüino de Adeliae	LC
Charadriiformes	Stercorariidae	Stercorarius antarcticus	Págalo subantártico	LC

También se tuvo un avistamiento del tiburón azul (*Prionace glauca* (UICN: NT)), el día que el buque arribaba a puerto al finalizar la expedición.

11. Resultados esperados.

Con la información recabada en campo se espera generar mapas de distribución tanto para mamíferos marinos como para aves, con el fin de reconocer las áreas de mayor uso de estas especies. Adicionalmente, se espera comparar la distribución de mamíferos marinos con los datos oceanográficos que se tienen del área y que fueron colectados durante la expedición italiana como por ejemplo corrientes, producción primaria, pH, salinidad, entre otras variables físicas y químicas. Lo cual se hará más adelante cuando el equipo oceanográfico italiano procese los datos y publique esta información.

Las dos especies de ballena Minke que se observaron durante el muestreo (común y - Antártica), se van a confirmar con un experto (Alex Zerbini) para procurar hacer la identificación más acertada según las características diagnósticas observadas en campo y según los registros fotográficos.

Adicionalmente, los registros fotográficos de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y orcas (*Orcinus orca*) están siendo procesados y organizados actualmente para aportar al catálogo de foto-identificación que en estos momentos se está estructurando en conjunto con colegas que han asistido en expediciones pasadas a la Antártica y Pacífico colombiano. Dichos catálogos permitirán que el Programa Antártico Colombiano (PAC) forme parte de iniciativas de investigación y cooperación científica a nivel nacional, regional e internacional.

12. Títulos de publicaciones en curso.

Con los resultados obtenidos durante esta expedición se espera presentar una ponencia oral en el marco de la Sexta Conferencia Anual En Línea de APECS (Association of Polar early career Scientists) Internacional (6th annual APECS International Online Conference “Opening Doors: Collaboration across knowledge systems”). Adicionalmente, se esperar realizar dos publicaciones:

1. Una nota sobre las especies de mamíferos marinos observadas, ocurrencia y relación con las variables oceanográficas de los mamíferos marinos encontradas en el área.
2. Una nota sobre las diferentes especies de aves reportadas durante los diferentes recorridos desde Nueva Zelanda a la Antártica y en el mar de Ross.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

A la fecha, se ha preparado en conjunto con colegas participantes de expediciones pasadas a la Antártica un manuscrito sometido a la edición especial sobre Antártica del Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras del INVEMAR, titulado: “Occurrence of marine mammals along the South Eastern Pacific and the western Antarctic Peninsula observed on board of the “ARC 20 de Julio” vessel during Colombian Scientific Expeditions to Antarctica”.

14. Actividades de divulgación.

Con el artículo actualmente sometido al volumen especial sobre Antártica del del Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras del INVEMAR, se pretende dar divulgación al trabajo que Colombia ha estado realizando sobre mamíferos marinos en la Antártida durante los últimos seis años.

Además, con las notas o artículos que se quieren elaborar con la información colectada en la última expedición, también se espera hacer divulgación, como en los eventos realizados por la Comisión Colombiana del Océano; invitando para ello a participar investigadores del PAC que han participado en expediciones anteriores y a investigadores pertenecientes al Programa Antártico Italiano.

Finalmente, se espera divulgar esta información en diferentes escenarios como congresos nacionales e internacionales como el congreso de Zoología, SOLAMAC y el congreso Internacional de Mamíferos Marinos.

15. Recomendaciones.

Para próximas expediciones se recomienda enviar dos observadores de mamíferos marinos a bordo de la embarcación, ya que así se podría realizar un mayor esfuerzo de observación y se robustecería los resultados de las observaciones. Esta recomendación se hace para el componente buque colombiano y cooperación internacional.

16. Bibliografía.

Ávila, I. C., C. García, D. M. Palacios y S. Caballero. 2013. Mamíferos acuáticos de la región del Pacífico colombiano. 129–168. En: Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados

(Eds.). 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá, Colombia. 312 p.

Baptiste, B., M. Pinedo-Vásquez, V. H. Gutiérrez-Vélez, G. I. Andrade, P. Vieira, L. M. Estupiñán-Suárez, M. C. Londoño, W. Laurance y T. M. Lee. 2017. Greening peace in Colombia. *Nat. Ecol. Evol.*, 1(0102): 1–3.

Durban, J.W. & Pitman, R. L. (2012). Antarctic killer whales make rapid, roundtrip movements to subtropical waters: evidence for physiological maintenance migrations? *Biology Letters* 8, 274–277.

Ferguson, M. C., J. Barlow, P. Fiedler, S. B. Reilly y T. Gerrodette. 2006. Spatial models of delphinid (family Delphinidae) encounter rate and group size in the eastern tropical Pacific Ocean. *Ecol. Model.*, 193: 645–662.

Palacios, D. M., T. Gerrodette, C. García, I. C. Ávila, G. A. Soler, S. Bessudo y F. Trujillo. 2012. Distribution and relative abundance of oceanic cetaceans in Colombia's Pacific EEZ from survey cruises and platforms of opportunity. *J. Cetacean Res. Manage.* 12(1): 45–60.

17. Apéndices.

Fotos tomadas por Nohelia Farías Curtidor.

Apéndice 1. Aleta dorsal de la ballena Minke (Balaenoptera acutorostrata/bonaerensis) observada en el Mar de Ross.



Apéndice 2. Un grupo de focas cangrejas en el hielo (Lobodon carcinophagus) observadas en aguas Antárticas en el mar de Ross.



Apéndice 3. Foca de Weddell (Leptonychotes weddellii) descansando en el hielo en el Mar de Ross.



*Apéndice 4. Grupo de orcas (*Orcinus orca*) nadando cerca de la embarcación Laura Bassi, sobre el Mar de Ross.*



*Apéndice 5. Aleta dorsal de una ballena jorobada, que se encontraba nadando cerca de la embarcación (*Megaptera novaeangliae*) en la entrada del Mar de Ross.*



*Apéndice 6. Foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) descansando en el hielo sobre el Mar de Ross, en frente de la plataforma de Ross.*



*Apéndice 7. Delfines de Héctor (*Cephalorhynchus hectori*) nadando cerca de la embarcación Laura Bassi en aguas subantárticas, cerca de Nueva Zelanda.*



Apéndice 8. Lobo marino de Nueva Zelanda (Arctocephalus forsteri) saltando cerca de la embarcación Laura Bassi, en aguas subantárticas del Pacífico Sur.



Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Nohelia Farías Curtidor**

Institución: **Pontificia Universidad Javeriana y Fundación Macuáticos Colombia**

Cargo: **Investigadora asociada**

Correo: **nohefa@gmail.com**

Teléfono: **317 645 6132**

Nombre: **Diego F. Mojica Moncada**

Institución: **Dirección General Marítima (DIMAR)**

Cargo: **Asesor e investigador en Asuntos Antárticos del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)**

Correo: **asuntosantarticos@gmail.com / dmojica@dimar.mil.co**

Teléfono: **316 729 1221**

Nombre: **Dalia Carolina Barragán Barrera**

Institución: **Dirección General Marítima (DIMAR) – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), Fundación Macuáticos Colombia**

Cargo: **Investigadora Asociada y Postdoctoral**

Correo: **daliac.barraganbarrera@gmail.com**

Teléfono: **311 400 3370**

Anexo 9

Identificación de los peligros operacionales en la Antártica para la operación de la FAC

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

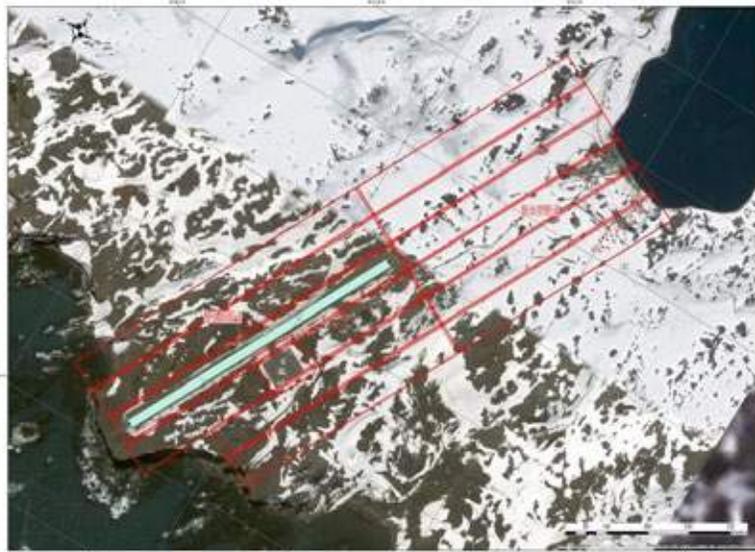
Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Programa Antártico FAC	Operaciones Antárticas	Seguridad Operacional en Ambientes extremos

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

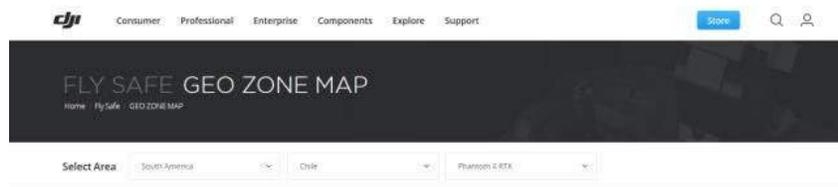
Investigadores	Entidad	Actividades
My Tabares William	Fuerza Aerea Colombiana	Jefe del equipo Investigador (no va a la Antártida)
TE. Jenny Caro		Investigador
TP. Mario Valencia		Investigador

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

- Se realizaron las coordinaciones con la torre de control con el fin de generar el NOTAM para la operación del Drone.
- Se intentó realizar un vuelo de prueba con el drone en la rampa el día 20 de enero, teniendo en cuenta que se generaron 12 polígonos para hacer la sectorización de los vuelos y un polígono de prueba a modo de verificar las condiciones para la operación, como el rendimiento de las baterías a bajas temperaturas, así como el comportamiento en general del drone.



Sin embargo, el dron presento una alerta que impidió el vuelo, ya que tenía activo el bloqueo de las zonas geo, la cual restringe la operación de los drones en inmediaciones de aeródromos. Para esto fue necesario elevar una solicitud ante la casa fabricante del dron DJI, para que nos autorizaran un desbloqueo temporal por los 5 días que se realizarían los trabajos en la Antártida.



DJI's GEO System delineates where it is safe to fly, where flight may raise concerns, and where flight is restricted. GEO zones that prohibit flight are implemented around locations such as airports, power plants, and prisons. They are also implemented temporarily around major stadium events, forest fires, or other emergency situations. Certain GEO zones don't prohibit flight, but do trigger warnings that inform users of potential risks.

By default, GEO limits flights into or taking off within zones that raise safety or security concerns. If a flight within one of these locations has been authorized, GEO allows users with verified DJI accounts to temporarily unlock or self-authorize their flights. This unlock function is not available for sensitive national-security locations.

The GEO system is advisory only. Each user is responsible for checking official sources and determining what laws or regulations might apply to his or her flight. In some instances, DJI has selected widely recommended general parameters without making any determination of whether this guidance matches regulations that may apply specifically to you.



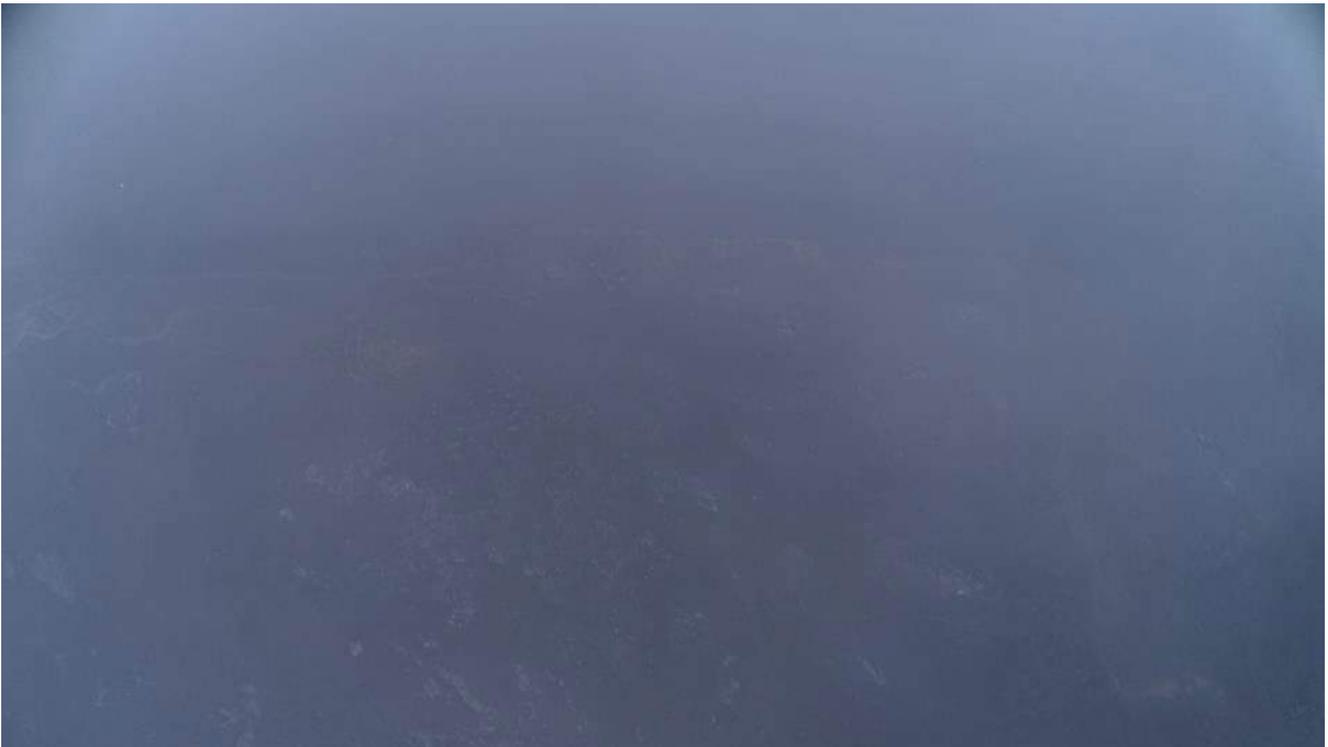
- Luego que DJI otorgara el permiso para la operación, se realizó el vuelo de prueba con el dron en la rampa el día 21 de enero, contando con las siguientes condiciones: Viento de 7Kt, temperatura de 2°C y techo cubierto a 600 Ft.



- Seguidamente se empezaron a presentar condiciones meteorológicas poco favorables para la operación del dron como ráfagas de viento superiores a los 15 Kt, techo de nubes inferior a 300 pies y en algunos casos precipitaciones; que hacían imposible volar, tal como lo muestra la siguiente información reportada por el personal de meteorología de la Dirección General de la Aeronáutica Civil DGAC:

```
202001211735 SPECI SCRM 211735Z 28006KT 250V310 3000 0800N BCFG OVC002 03/02  
Q0991 NOSIG=
```

- Así mismo es de aclarar que en algunas circunstancias se presentaban las condiciones adecuadas para el vuelo, pero las fajas de vuelo previstas estaban configuradas para ser tomadas a lo largo de la pista, siendo este un determinante para el cambio de los polígonos a cartografiar.



Las anteriores imágenes evidencian que a pesar de que se contaba con las condiciones para volar, algunas de ellas tienen un alto contenido de nubosidad por lo cual deberán ser descartadas.



Presencia de nubosidad

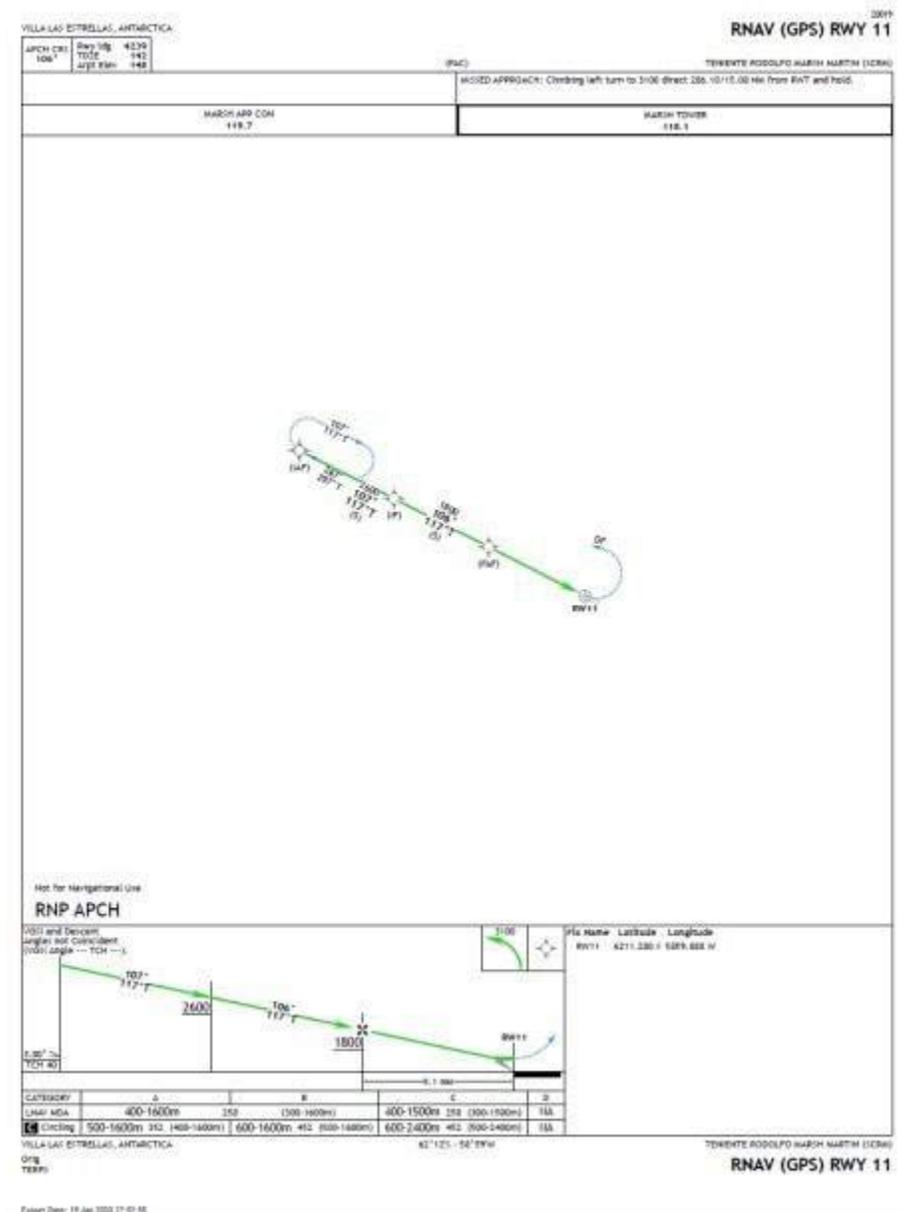


Fotografía tomada con buenas condiciones meteorológicas.

- Finalmente fue necesario cambiar la configuración del planeamiento de las fajas del vuelo de la pista dividiéndola en polígonos más pequeños que permitieran evitar las zonas con nubosidad baja.
- Durante el proceso, el dron voló un total de 04 horas y 21 minutos tomando 1788 imágenes, con las cuales se logró abarcar un área de 26 hectáreas correspondientes a la pista, franja y rampa, alcanzando un traslape entre las líneas de vuelo del 85%, que permitirá tener un posicionamiento geográfico de mayor precisión para la representación del terreno y con ello, lograr el producto final plasmado en una ortofoto y modelo 3D del aeródromo Teniente R Marsh.
- Estas imágenes serán postprocesadas, para generar un modelo digital de elevación (DEM), modelo digital de superficie (DSM) y un modelo renderizado de la pista. Productos a partir de los cuales se elaborará el panorama de riesgos.
- Así mismo se adelantaron los estudios para el levantamiento de información en campo, cuyo fin es diseñar una carta de aproximación RNAV, la cual servirá para que nuestras tripulaciones tengan un vuelo seguro en territorio antártico. Así mismo es de resaltar que dentro de la señal satelital detectada por nuestros GPS, se logró captar entre 10 y 30 satélites entre GPS y GLONASS.

Es de aclarar que para contar con la información básica suficiente para el diseño del procedimiento RNAV, específicamente en este aeródromo, se requiere el vuelo de un área mayor a la alcanzada, de modo que incluya datos del terreno, obstáculos artificiales y naturales.

A continuación, se presenta una versión inicial del procedimiento RNAV el cual presenta un panorama ideal del área de vuelo, por lo cual no debe ser publicada, ni usada por las tripulaciones debido a que no cuenta con toda la información requerida para hacer una evaluación de obstáculos y terreno. La altitud de franqueamiento de obstáculos calculada no garantiza una operación segura.



4. Otras entidades participantes.

No aplica

5. Objetivo general del proyecto.

Identificación de peligros para garantizar la seguridad en las operaciones aéreas de la Fuerza Aérea Colombiana.



6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

Generar una Ortofotografía de la base TE. Marsh con el fin de incorporarla en un modelo 3d para apoyar los entrenamientos de simulador de los pilotos.

Realizar una carta de aproximación RNAV para la base TE. MARSH y facilitar al mundo las operaciones aéreas en ese aeródromo.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

Base Aérea Antártica Presidente Eduardo Frei Montalva – Aeródromo TE. MARSH de la Isla Rey Jorge

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

Oficiales y suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana capacitados para la operación de aeronaves remotamente tripuladas y diseño de procedimientos de vuelo pos-instrumentos.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Se logra un avance del 60% en generar una Ortofotografía de la base TE. Marsh.

Se Realizar un avance de un 30 % en la carta de aproximación RNAV para la base TE. MARSH

10. Resultados preliminares.

Se realiza un avance de ambos proyectos en un 60 % (no se logran culminar por factores meteorológicos)

11. Resultados esperados.

Se logra un avance significativo de los objetivos propuestos, pero se avanza en un 60% de lo esperado.

12. Títulos de publicaciones en curso.

No aplica

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

No aplica

14. Actividades de divulgación.

No aplica

15. Recomendaciones.

Se debe volver al sitio con el fin de culminar la tarea, se requieren al menos 4 personas en trabajo de campo durante 15 días para asegurar la culminación del proyecto.

Así mismo se recomienda hacer el mismo estudio en la base argentina de Marambio para tener más campo de acción en las operaciones aéreas.

16. Bibliografía.

-

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **My. William Andrés Tabares**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana**

Cargo: **Alumno ESDEGUE**

Correo: **william.tabares@fac.mil.co**

Teléfono: **3124576435**

Anexo 10

Comunicaciones Satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Medio ambiente y otras iniciativas	Tecnologías de la información	Comunicaciones

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
MPhil Sonia Rincón Urbina MSc. Lorena Cárdenas Espinosa Tecnol. Carlos Tulcán Delgado	Fuerza Aérea Colombiana - Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales	Actividades de campo - Revisión logística para la implementación de un protocolo de comunicaciones - Instalación sistema de comunicación FACSAT - Pruebas de comunicación con FACSAT - Seguimiento a pases de satélite FACSAT 1 - Adquisición de firmas espectrales en el Glaciar.
Ing. Wilmer Chacón Ing. Guillermo Montoya Ing. Dib Salek Ing. Pablo Riaño MSc. Henry Jiménez Tecnol. José Paredes PhD. Cesar Augusto R. Ing. Cristian Leonardo Peña Pasante Sebastián Victoria	Fuerza Aérea Colombiana - Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales	Actividades en el centro de investigación - Definir los requisitos funcionales del sistema de recepción y transmisión para comunicación con el FACSAT- 1 en la Antártica - Construir los componentes del sistema de comunicaciones de la estación terrestre temporal del FACSAT-1 - Implementar un protocolo técnico de comunicaciones para adquirir datos del satélite

Investigadores	Entidad	Actividades
Especialistas asesores Ing. Carlos Franco Ing. Nelson Nieto Ing. Osman Roa	IGAC	Asesoría adquisición de firmas espectrales

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Este proyecto conto con el apoyo del señor coronel Humberto Julio Schweitzer, jefe de Centro Asuntos Antárticos del Ejército de Chile, quien dispuso el apoyo logístico para que la Base General Bernardo O'Higgins Riquelme recibiera a los investigadores de este proyecto, base en la cual se desarrollaron todas las actividades de la fase de campo.

- Llegada e instalación del personal a Base O'Higgins
- Verificación de condiciones técnicas y logísticas de la base
- Entrevistas al personal
- Verificación riesgos ocupacionales
- Visita estación meteorológica
- Revisión logística y registro fotográfico
- Instalación sistema de comunicación FACSAT
- Pruebas de comunicación
- Seguimiento a pases de satélite FACSAT 1
- Visita a instalaciones de GARS de Alemania, estación terrena y antena, reconocimiento de sus operaciones.
- Pruebas de Comunicación con FACSAT.
- Adquisición de firmas espectrales en el Glaciar.

4. Otras entidades participantes.

Se recibió apoyo logístico y científico por parte de las siguientes entidades:

- Ejército de Chile
- Universidad de Magallanes

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi

5. Objetivo general del proyecto.

Activar las capacidades en comunicaciones satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Probar el prototipo de antena construido en el CITAE en las condiciones de la Antártida con el fin de verificar el comportamiento de los materiales y equipos bajo estas condiciones.
- Establecer comunicación estable entre el sistema de comunicación en la estación terrena de O'Higgins y el satélite FACSAT 1.
- Explorar en campo condiciones logísticas, meteorológicas, geológicas y ambientales de la Base O'Higgins, con el fin de determinar el sistema mecánico su anclaje, estructura de soporte; electrónico, que comprende LNA y control de los motores y comunicaciones que tengan un comportamiento óptimo bajo las condiciones específicas de la Antártica.
- Realizar un levantamiento previo para el desarrollo de un modelo vicario de calibración radiométrica para las imágenes FACSAT -1, en el marco de la VI Expedición a la Antártica Verano Austral 2019-2020, para mejorar su precisión y confiabilidad espectral y radiométrica.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

- Base Antártica General Bernardo O'Higgins Riquelme
- Buque AP 41 Aquiles Armada de Chile

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

La salida de campo contó con tres investigadores principales del CITAE, MY Rincón Ingeniera Metalúrgica, jefe del centro de investigación e investigadora principal del proyecto, TE Cárdenas Física, especialista en desarrollo tecnológico y operadora de satélite FACSAT-1, TS Tulcán, tecnólogo en mantenimiento aeronáutico, técnico especialista en desarrollo tecnológico y encargado del mantenimiento y calibración de la antena de FACSAT 1.

Adicionalmente, trabajaron en el proyecto, ingenieros electrónicos, ingenieros mecánicos, ingenieros de materiales, técnicos en automatización y estudiantes de ingeniería mecánica, como apoyo a las actividades del proyecto.

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

- Revisión logística para la implementación de un protocolo de comunicaciones
- Instalación sistema de comunicación FACSAT
- Pruebas de comunicación con FACSAT
- Seguimiento a pases de satélite FACSAT 1
- Adquisición de firmas espectrales en el Glaciar.

10. Resultados preliminares.

- Se efectuó la instalación del prototipo de antena Yagui (construida en el CITAE) en una estación en Antártica, lo que permitió verificar la posibilidad de tener una estación terrena temporal en el continente blanco con mayor tiempo de comunicación con el satélite y que además constituya una plataforma de estudio en materiales y en configuraciones técnicas propias para funcionar adecuadamente en las condiciones meteorológicas de la Antártida.
- Se efectuó pruebas al sistema de seguimiento y al radio enlace, se implementó el protocolo de comunicaciones diseñado.
- La comunicación efectiva entre el satélite y la estación terrena en la Antártida mejora con respecto a la estación terrena en Cali, sin embargo, se ve afectada por las condiciones meteorológicas, como un ejemplo claro la velocidad de los vientos genera que la trayectoria de seguimiento de la antena al satélite se modifique y la recepción de información disminuya.
- El proyecto debe centrarse en mejorar la estabilidad de la antena de comunicaciones frente a los cambios meteorológicos, robustecer el software de decodificación creado para la interpretación de la data de telemetría descargada del FACSAT-1
- Construir un radio de comunicación en UHF robusto con backup que opere en la Antártica y que contenga sistemas de (brakes) para evitar daños por picos o inestabilidad en la corriente o descargas.
- Evaluar con base en los requerimientos logísticos, el lugar o base en Antártica para ejecutar la segunda fase del proyecto de comunicaciones.
- La estación O'Higgins cuenta con infraestructura y dotación adecuada para una posible estación terrena temporal de FACSAT – 1 en la Antártida.

- Se realizó la adquisición de las firmas espectrales donde se obtiene cinco espectros sobre los puntos establecidos los cuales están siendo analizados actualmente con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y comparado con fotografías del satélite FACSAT 1, sobre la misma zona de adquisición para establecer parámetros de correlación.

11. Resultados esperados.

- Probar el prototipo de antena construido en el CITAE en las condiciones de la Antártida con el fin de verificar el comportamiento de los materiales y equipos bajo estas condiciones.

- Establecer comunicación estable entre el sistema de comunicación en la estación terrena de O'Higgins y el satélite FACSAT 1.

- Explorar en campo condiciones logísticas, meteorológicas, geológicas y ambientales de la Base O'Higgins, con el fin de determinar el sistema mecánico su anclaje, estructura de soporte; electrónico, que comprende LNA y control de los motores y comunicaciones que tengan un comportamiento óptimo bajo las condiciones específicas de la Antártica.

- Realizar un levantamiento previo para el desarrollo de un modelo vicario de calibración radiométrica para las imágenes FACSAT -1, en el marco de la VI Expedición a la Antártica Verano Austral 2019-2020, para mejorar su precisión y confiabilidad espectral y radiométrica.

12. Títulos de publicaciones en curso.

FACSAT-1 Ground Station performance, en 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C., United States, 21-25 October 2019.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

FACSAT-1 Ground Station performance, en 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C., United States, 21-25 October 2019.

14. Actividades de divulgación.

- Divulgación del proyecto en evento mensual "hablando de ciencia en la EMAVI" organizado por el departamento de Ciencias Básicas.

- Se está programando el trabajo conjunto con entidades externas para continuar con la divulgación del proyecto y de los resultados de campo.

15. Recomendaciones.

- Realizar un manual antártico con el apoyo de las experiencias vividas de los investigadores.
- Realizar un libro donde se contemple las cuatro expediciones de la Fuerza Aérea Colombiana, identificación de los primeros investigadores, bases visitadas, proyectos realizados, etc.
- Todas las dotaciones presentes en las bases antárticas cuentan con uniformes contramarcados con el nombre de la institución a la cual pertenecen y el nombre de la persona que lo porta (como parte de los protocolos de seguridad), no usan ninguna prenda o capa de ropa tipo camuflado, se recomienda que el diseño tenga color rojo (color sobresaliente en caso de una emergencia).
- Por lo anterior es necesario que parte de la identificación de la comisión FAC para el personal de tripulaciones y personal investigación, siempre tenga la bandera de Colombia como parte de la visibilizarían como país. Los elementos menores también son indispensables con logo FAC, gorro, cuellera, guantes, botas, gafas, etc.
- Es indispensable el apoyo a los investigadores con las coordinaciones necesarias para la logística y estadía en las bases antárticas ya que en el momento que el proyecto solicitó reconsideración de cupo en O'Higgins y por coordinaciones con ejército directamente, CCO disminuyó el acompañamiento continuó con las coordinaciones internacionales para garantizar los transportes de los investigadores.
- La ropa de segunda capa también debe contar con identificación, ya que, dependiendo las condiciones meteorológicas o el lugar de trabajo, esa capa se convierte en la capa externa y de presentación en ciertos momentos
- Velar por que todos los equipos de investigadores siempre tengan una bandera de Colombia y una de la FAC con su respectivo escudo, de tal forma que puedan ser parte de la documentación y memorias de la presencia del país y de la entidad en estas comisiones.
- Llevar un equipo satelital de comunicación y de internet para estar enviando reporte de los trabajos realizados, ya que en los buques militares no se cuenta con estos medios de comunicación y dentro de las bases la señal de internet es muy baja.
- Es necesario evidenciar la diferencia entre proyectos científicos (aquellos proyectos de generación de nuevo conocimiento y capacidades) y proyectos de investigación (aquellos proyectos desarrollados en sectores no académicos y que implican la formación de recurso humano en la metodología de la investigación) para que se pueda contar con el apoyo de entes militares sin que otras organizaciones presenten conflicto de intereses por la ayuda que se pueda recibir.

16. Bibliografía.

Comando General de Fuerzas Militares de Colombia. (2018). Fuerza Aérea Colombiana pone en órbita el FACSAT-1, su primer satélite de observación - CGFM. Retrieved December 11, 2018, from <http://www.cgfm.mil.co/2018/11/29/fuerza-aerea-colombiana-pone-en-orbita-el-facsat-1-su-primer-satelite-de-observacion/>

Comisión Colombiana del Océano. (2015). CCO - Programa Antártico Colombiano. Retrieved February 8, 2019, from <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>

Definicion.de. (2019). Definición de albedo - Qué es, Significado y Concepto. Retrieved from <https://definicion.de/albedo/>

DNP. (2015). Conpes 3850 Fondo Colombia en Paz. Consejo Nacional De Política Económica Y Social. Bogotá, D.C. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3850.pdf>

Ejército de Tierra Argentino. (2007). Campaña Antártica Española: Manual de Área, Isla Decepción. Retrieved from http://dfs.uib.es/apl/aac/aa/Antártica/PgCDCAE/05_Instalaciones/BAE Gabriel de Castilla/MANUAL AREA .pdf

Gorham, P. W., Allison, P., Baughman, B. M., Beatty, J. J., Belov, K., Besson, D. Z., ... Wang, Y. (2010). Observational constraints on the ultrahigh energy cosmic neutrino flux from the second flight of the ANITA experiment. *Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology*, 82(2), 3–8. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.022004>

Gorham, P. W., Baginski, F. E., Allison, P., Liewer, K. M., Miki, C., Hill, B., & Varner, G. S. (2011).

The ExaVolt Antenna: A large-aperture, balloon-embedded antenna for ultra-high energy particle detection. *Astroparticle Physics*, 35(5), 242–256. <https://doi.org/10.1016/j.astropartphys.2011.08.004>

Keycom. (2019). Semi-rigid cables for cryogenic (super low temperature) applications. Retrieved from <http://www.keycom.co.jp/eproducts/upj/upj2/page.htm>

Naciones Unidas. (1959). Tratado Antártico. Washington.

NASA. (2019). Real Time CCMC Tools. Retrieved from https://ccmc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/display/RT_t.cgi?page=potential

Quora. (2019). What is the highest temperature that a coaxial cable can be used at? - Quora. Retrieved from <https://www.quora.com/What-is-the-highest-temperature-that-a-coaxial-cable-can-be-used-at>

Richard C. Johnson. (2007). Antenna engineering handbook. (R. C. Johnson, Ed.) (Third).

Atlanta, Georgia: McGraw-Hill, Inc.

Secretaría del Tratado Antártico. (2011). STA - El Tratado Antártico. Retrieved February 8, 2019, from <https://ats.aq/s/ats.htm>

Spacetech. (2019). MEOSTM Control and MEOSTM Capture system to KSAT Troll Station in Antarctic — Kongsberg Spacetech. Retrieved from <https://www.spacetech.no/news/archive/meos-control-and-meos-capture-system-to-ksat-troll-station-in-antarctic>

United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. In General Assembly 70 session (Vol. 16301, pp. 1–35). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **My Rincón Urbina Sonia**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana – Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales**

Cargo: **Jefe de Centro**

Correo: **sonia.rincon@fac.mil.co**

Teléfono: **311 515 2445**

Nombre: **TE Cárdenas Espinosa Lorena**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana – Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales**

Cargo: **Especialista en desarrollo Tecnológico**

Correo: **Lorena.cardenas@fac.mil.co**

Teléfono: **311 487 8381**

Nombre: **TS Tulcán Delgado Carlos**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana – Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales**

Cargo: **Técnico Especialista en Desarrollo Tecnológico**

Correo: **Carlos.tulcan@fac.mil.co**

Teléfono: **321 793 4449**

Anexo 11

Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártica

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Logística Antártica	Desarrollo de Infraestructura	Instalaciones Antárticas

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Ct. María Alejandra Corzo Zamora		Investigador Principal (no trabajo en fase de campo). Magister en Fisiología Espacial
T2. Angie Catherine Alvarado Yepes	Fuerza Aérea Colombiana	Coinvestigador. Profesional en Salud Ocupacional (trabajó en fase de campo). Elaboración de matriz de riesgo

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Identificación de posibles espacios en Isla Rey Jorge para la realización de Misiones Análogas Espaciales. En este sentido se realizaron visitas a dos espacios, uno cercano a la Base Antártica Frei de Chile y la otra cerca a la base Great Wall Station de China.

Se realizaron entrevistas a personal de planta de la Base Antártica de Frei y Escudero para conocer experiencias y poder realizar una matriz de riesgos.

4. Otras entidades participantes.

No aplica

5. Objetivo general del proyecto.

Determinar los tipos de escenarios y tipos de misiones análogas que se pueden realizar en bases latinoamericanas en la Antártida por parte de la Fuerza Aérea Colombiana

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

Determinar los requerimientos logísticos para los escenarios identificados mediante visitas de campo

Conocer seleccionadas mediante el levantamiento de un panorama de riesgos los riesgos operacionales de las bases.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

Se realizaron visitas a escenarios (terrenos) de las siguientes bases Antárticas ubicadas en la Isla Rey Jorge:

- Great Wall Station (China)
- Terreno cerca de base Frei (Chile)
- Base Escudero (INACH)

Se realizaron entrevistas en las siguientes dependencias de la Base Antártica Frei:

- SOMA (Seguridad Operacional y Medio Ambiental)
- CECOM (Centro de Comunicaciones)
- Sanidad
- Torre de Control (Meteorología)

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

- Cámara GoPro
- Sonómetro digital
- Termohigrómetro
- Computador Portátil

9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

Entrevistas a personal de planta de la Base Frei y Escudero (Chile) Toma fotografías terrenos visitados



Centro de Comunicaciones Base Frei. Tomado por T2 Angie Alvarado



Base Científica Antártica Escudero. Tomado por T2 Angie Alvarado



Mediciones ambientales en uno de los terrenos seleccionados. Tomado T2 Angie Alvarado



Mediciones ambientales en uno de los terrenos seleccionados. Tomado T2 Angie Alvarado



10. Resultados preliminares.

Caracterización de existencia de terrenos compatibles con el posible desarrollo de Misiones Análogas Espaciales.

Se recolectó información para la estructuración de una matriz de riesgos en la hipótesis del desarrollo de misiones análogas espaciales en la Antártida.

Actualmente en análisis de datos.

11. Resultados esperados.

Matriz de riesgos

Matriz DOFA

Caracterización de misiones posibles según información recolectada

12. Títulos de publicaciones en curso.

No aplica

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

No aplica

14. Actividades de divulgación.

No aplica

15. Recomendaciones.

Permitir a los Investigadores ponerse en contacto con el personal de enlace de la Base de destino ya que a la llegada a la Base Escudero y la Base Frei no se tenía conocimiento de la llegada de la investigadora ni se contaba con alojamiento.

16. Bibliografía.

Andersen, McKay, Wharton & Rummel, 1990. An Antarctic Research Outpost as a model for planetary Exploration. Journal of the British Interplanetary Society. Vol 43 pp 499-504

Anglin KM, Kring JP. Lessons from a space analog on adaptation for long-duration exploration missions . Aerosp Med Hum Perform. 2016; 87(4): 406 – 410.

Edwards & Lloyd, 2016. Antarctica Provides ICE to Study Behavior Effects in Astronauts. Encontrado en <https://www.nasa.gov/feature/antarctica-provides-ice-to-study-behavior-effects-in-astronauts>

(ESA, s.f) Concordia, the remotest base on Earth. Encontrado en: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Concordia/The_remotest_base_on_Earth

Hoppenbrowsers, Urbina, Susmita, Weiss, Diekmann & Maurer, 2015. Analogues for preparing robotic and human exploration on the moon. IAC-15-A3,2A,4,x29824. Encontrado en [researchgate.org](https://www.researchgate.org)

Institute Polaire francais, s.f. Concordia. Consultado en <http://www.institut-polaire.fr/ipeven/infrastructures-2/stations/concordia/>

Lugg & Shepanek, 1999. Space analogue studies in Antarctica. Acta Astronáutica. Vol 44 Issue 7-12 pg 693-699

NASA Analogs, s.f. Analog missions. Encontrado en <https://www.nasa.gov/analogs/nsf>

Smith WM, Jones MB, 1962. Astronauts, Antarctic scientists, and personal autonomy. Aerospace Med; 33: 162-166.

Urbina, Madakashira, Martinez, Van Lierde, Taillebot, Weiss, Gobert, Imhof, Fossum, Vögele & Parro, 2017. Analogue capabilities for human-in-the-loop simulations of Surface operations in training and research. HUMAN SPACEFLIGHT SYMPOSIUM. Astronaut Training, Accommodation, and Operations in Space. Encontrado en [Researchgate.org](https://www.researchgate.org)

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Ct. María Alejandra Corzo**
Institución: **Fuerza Aérea Colombiana**
Cargo: **Investigadora**
Correo: **alejandra.corzo@fac.mil.co**
Teléfono: **312 582 4602**

Revisado por:

Nombre: **T2. Angie Alvarado Yepes**
Institución: **Fuerza Aérea Colombiana**
Cargo: **Investigadora**
Correo: **Angie.alvarado@fac.mil.co**
Teléfono: **320 859 2490**

Anexo 12

Implementación de una Turbina Eólica en la Antártida

1. Introducción



La Fuerza Aérea Colombiana presentó un proyecto a la Comisión Colombiana del Océano en la línea de investigación de aprovechamiento de energías alternativas en la Antártida el cual planteo la “Implementación de una Turbina Eólica” (año 2015). Proyecto desarrollado con el apoyo de la Fuerza Aérea Argentina y Dirección Nacional de Asuntos Antárticos de Argentina, Instituciones con las cuales se gestó el proyecto para la implementación de la primer Turbina Eólica fabricada en Colombia y puesta en funcionamiento en la Antártida en el año 2018-2020.

2. Estudio de Campo

Figura 1. Capitán JIMENEZ realizando estudio de campo de meteorología en la Antártida Base Marambio expedición año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Uno de los principales interrogantes planteados frente a la visión de Colombia en su agenda Antártica de tener una base en la Antártida, fue el de ¿Cómo generar suministro de electricidad en un área remota y que sea amigable con el medio ambiente?, siendo este interrogante de gran importancia ya que una de las metas del Gobierno de Colombia es para el año 2025, contar con una estación científica temporal y hacia el año 2035 contar con una estación permanente donde podrá realizar investigación científica a lo largo del año; que será una base fundamental para los proyectos de investigación científica e innovación tecnológica que se pretendan desarrollar en la Antártida. Teniendo claro esta pregunta en el año 2015 se adelanta la primera expedición a la Antártida con varios objetivos específicos como el de conocer las condiciones logísticas, observar en que se emplea la electricidad y realizar medición de las corrientes de viento en sitio con el fin todo esto de generar una serie de estrategias de diseño de la Turbina eólica así como de la logística que requiere llevarla desde Colombia hasta la Antártida.

Figura 2. Alistamiento de canecas de combustible gasoil para Base Marambio durante visita a Base Aérea el Palomar estudio de campo de consumo de gasoil en la Antártida expedición año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Se realizó trabajo de campo, donde se verificaron los elementos de consumo eléctrico y dotación eléctrica, se encontrando que la base de Marambio emplea tres plantas eléctricas industriales marca CATERPILAR, cada una con capacidad de generación de 410 kW, las cuales se emplean de manera alterna y sincronizada alimentadas por combustible, GAS OÍL o combustible antártico, consumiendo 50 litros de combustible por hora de operación, llegando a el costo por barril de 55 galones, incluyendo gastos logísticos oscila sobre los USD\$ 3.000, lo que representa, que la operación con combustibles fósiles sea muy costosa.

Figura 3. Planta de tratamiento de aguas residuales estudio de campo de consumo de electricidad en la Antártida expedición año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Se analizaron las pérdidas de energía que tiene la Base Marambio así; se emplea esta para descongelar los ductos de aguas residuales, las cuales están aisladas con cajas de empaques de tetra pack y recubiertas con resistencias eléctricas. Así mismo se observó que se emplea energía para calentar el tanque que contiene las aguas residuales para mantener vivas las bacterias que la descomponen. En este proceso se puede optimizar el consumo de energía, a través de un aislamiento en poliuretano alrededor del tanque, el cual genera una capa aislante ante el frío.

Una de las primeras actividades más importantes para el diseño de la Turbina Eólica realizada, fue la instalación de una estación meteorológica portátil con el fin de analizar la intensidad de los vientos y registrar las bajas temperaturas para lograr como inicio un estudio básico de cómo se comportaban estos parámetros.

Figura 4. Estación Meteorológica Colombiana instalada en base MARAMBIO Fuerza Aérea Argentina año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Durante el periodo de análisis de los parámetros meteorológicos se obtuvo como resultado temperaturas máximas de -21°C tomado este parámetro en un periodo de quince días.

Figura 5. Estación Meteorológica Colombiana instalada en Base MARAMBIO Fuerza Aérea Argentina Gráfica de Temperatura máxima. -21°C y mínima 8°C sensación térmica línea color naranja. año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Se analizó la gráfica de velocidad del viento obteniendo como resultado una velocidad máxima de 65Km/h .

Figura 6. Gráfica de velocidad del viento máximo 65Km/h y mínimo 1Km/h . año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Durante la medición de viento hubo un intervalo muerto ya que la estación meteorológica se congeló debido a una baja temperatura extrema por una ventisca.

Figura 7. Estación meteorológica colombiana congelada por nevada. año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



De acuerdo con las mediciones de humedad se obtiene un porcentaje del 90% debido a que casi siempre está nevando, este parámetro se tomó durante 15 días de la expedición.

Figura 8. Gráfica de humedad externa máx. 90% y mínima del 45% líneas color verde y rojas humedad interna. año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



El agua que se emplea para el consumo de la base se extrae de una laguna mediante una bomba de agua que va conectada a un tanque y este es arrastrado por un tractor, el agua del lago es retenida por una barrera de tierra y se emplean unos tubos sellados con combustible en su parte interior, que cuando el combustible se enfría en la parte superior este recorre hacia la parte inferior y mantiene congeladas las paredes del lago.

Figura 9. Sistema de barras enfriadoras de agua. año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Durante el invierno se emplea gas para derretir nieve con el fin de utilizar esta para el consumo incrementando ya sea el consumo de gas o electricidad.

Se pudo observar que para la construcción de cualquier estructura en la Antártida esta se hace por encima de 1,20 metros ya que cuando hay ventiscas la nieve pasa a través de la estructura es decir por encima y por debajo sin formar lo que se denomina sombra de nieve, además es muy importante resaltar que no se emplea concreto para fundir bases sino agua y tierra ya que la característica de composición del suelo es permafrost .Es decir una mezcla de tierra con hielo la cual es blanda en el verano y en el invierno es tan dura que toca taladrar para abrir un agujero.

Figura 10. Sistema de estructura antártica. año 2015. Autor CT. JIMENEZ FAC.



3. Implementación de la Turbina Eólica en la Antártida

Figura 11. Implementación de la Turbina Eólica FAC- EOL-X-001 en Base Marambio Antártida. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



La actividad principal del proyecto en la tercera expedición consistió en implementar el prototipo de turbina Eólica FAC-EOL- X-001 desarrollándose en el año 2018 donde también se efectuaron los siguientes objetivos específicos:

- Realizar anclajes en el permafrost.
- Realizar mediciones de temperatura.
- Realizar mediciones de voltaje de la Turbina.
- Realizar mediciones de velocidad del viento.
- Realizar mediciones de temperatura exterior.

Objetivos específicos iniciales con el fin de evaluar el rendimiento de la Turbina Eólica en sitio.

*Figura 12. Alistamiento de la Turbina Eólica en DICEX para su envío a la Antártida. año 2018
Autor CT. JIMENEZ FAC.*



La etapa de planificación del envío fue crucial para el cumplimiento del objetivo macro del proyecto siendo un desafío por ser algo desconocido y nuevo para la FAC, alrededor de un mes tardó la llegada a la base Antártica de Marambio reto Logístico para el investigador que gracias a su amplio conocimiento en Logística y siendo especialista y a su vez apoyado por la FAC (Jefatura de Operaciones Logísticas- DICEX) y Fuerza Aérea Argentina (Dirección Logística Antártica) se logró el destino final de la carga de 220 Kg que contenía la primer Turbina Eólica de Colombia con destino al continente blanco.

Figura 13. Adecuación base Turbina Eólica. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



Para la realización de esta tarea fue requerido recorrer físicamente el área con el fin de buscar un anclaje tipo viga enterrada para brindar un anclaje seguro a la Turbina Eólica así como también se buscó alrededor de esta cuatro puntos de anclajes para los vientos ya que el trabajo que conlleva realizar las bases puede llegar a durar hasta un mes, teniendo en cuenta que la composición del suelo es de tipo permafrost, una mezcla de

tierra con hielo que se compactan a través de los años y es más duro que el concreto, afortunadamente se encontraron puntos de sujeción para los anclajes, pero no obstante toco realizar las adaptaciones de la base principal y extender la longitud de los cables tensores , trabajo que llevo alrededor de dos semanas ya que toco hacer una reingeniería lo más ágil posible y tomar medidas para acoplar todo perfectamente.

Figura 14. Sujeción de la base para Turbina Eólica. Año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



Figura 15. Instalación de la Turbina Eólica. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



Posterior a la realización de la instalación de la Turbina Eólica, se tomaron imágenes térmicas con el fin de verificar la temperatura del cabezote de la misma, ya que allí es donde se encuentran los equipos con el que funciona como el generador eléctrico.

Figura 16. Imagen Térmica FLIR -50°C cabezote Turbina Eólica. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



El frío extremo del invierno desciende a -80°C y cristaliza el cable que no es de tipo encauchado y genera condiciones de torsión creando un corto, para el caso de la campaña no hubo inconvenientes con el cableado ya que realizaron bastantes pruebas de conductividad durante los días de operación de la Turbina Eólica.

Teniendo en cuenta la imagen térmica es de resaltar que el margen de operación de la Turbina Eólica inicio a partir de los 56km/ hora de velocidad del viento, ya que estos son predominantes en el continente Antártico de acuerdo con los estudios de viento que se realizaron en la campaña Antártica del verano austral 2015, y así mismo estos incrementan hasta los 120km/hora, realizando este último registro entrando en el otoño Antártico, este análisis se realizó para explicar que el diseño de ingeniería de la Turbina fue robusto en el tema aerodinámico y de resistencia de materiales con la selección de materiales que no perdieran sus propiedades de dureza y flexibilidad bajo la exposición de bajas temperaturas extremas (-80°C).

De la misma manera durante la campaña Antártica 2018, se estuvo realizando labores a campo abierto para la instalación de la Turbina Eólica:

- Chequeo visual en terreno del anclaje principal y cuatro de apoyo en suelo permafrost.
- Toma de medidas de distancia de separación anclajes de apoyo.
- Sujeción del anclaje principal a la viga enterrada en el permafrost.
- Sujeción cables en puntos de apoyo enterrados en permafrost.
- Hizaje del generador con el grupo de trabajo.
- Armado del sistema de palas.
- Instalación del timón de cola.
- Instalación de cableado.
- Pruebas de dirección de cola.
- Pruebas de generación eléctrica.

Todas estas actividades realizadas con vientos entre 8 y 16 km/hora con temperatura de -25°C , lo cual dificulta el trabajo bajo el clima Ártico, es aquí donde todo el grupo de trabajo se rota para hacer labores que requieren manos descubiertas para guiar y sujetar una tuerca y de esta manera lograr el hizaje final de la Turbina Eólica.

Figura 17. Inspección interna en busca de congelamiento mecanismos internos cabezote de Turbina Eólica. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.



Posterior a realizar la inspección por congelamiento, se procede a realizar medición de generación de voltaje del generador de la Turbina Eólica en busca de continuidad eléctrica óptima.

Figura 18. Inspección de continuidad eléctrica. año 2018 Autor CT. JIMENEZ FAC.





Los resultados preliminares fueron excelentes ya que se logró:

- Instalar la primer Turbina Eólica de Colombia y fabricada en Colombia en la Antártida.
- Instalación de la primera estación de meteorología de Colombia.
- La turbina Eólica soporto vientos de 120 km/hora y temperaturas de -50°C .
- Aportar la generación de energía limpia a un calefactor.
- Recoger datos de velocidad de viento y bajas temperaturas con la estación de meteorología portátil.
- Aprender a realizar anclajes en suelo permafrost.
- Aprender a realizar el despliegue Logístico de una Base.
- Aprender de comportamiento de electricidad en bajas temperaturas.

El resultado esperado con la implementación de la Turbina Eólica funciona de manera excelente en la Antártida y se puede implementar en la base temporal de Colombia y también en la fija, a raíz del excelente desempeño del proyecto se espera un financiamiento más grande con miras a lograr implementar esta energía Eólica en un refugio temporal para diez personas en el cual todos los electrodomésticos estén diseñados para la red energética sustentable y de esta manera hacer la primera implementación de un refugio temporal para prueba, además se puede implementar de manera híbrida la energía solar y así hacer un refugio totalmente autosustentable. Teniendo en cuenta que la FAC tiene personal con experiencia en energía eólica y certificación en energía solar ya que esta última se ha implementado en las bases de la Fuerza Aérea.

4. Evaluación e Inspección de la Turbina Eólica Implementada en la Antártida.

En colaboración con la Fuerza Aérea Argentina y Dirección Nacional de Asuntos Antárticos de Argentina y con el patrocinio de la Fuerza Aérea Colombiana y la Comisión Colombiana del Océano se gestó el proyecto para la implementación de la primer Turbina Eólica fabricada en Colombia y puesta en funcionamiento en la Antártida Argentina en la Base Científica Marambio en el año 2019; con el propósito de evaluar el desempeño en un ambiente extremo del mundo y con el fin de poder vislumbrar hacia futuro una estación científica temporal de Colombia en este continente con el fin de contribuir a la ciencia mundial. Ahora bien, después de ya dos años de ser instalada se procede a realizar la verificación del prototipo donde se explican los pormenores de su desempeño en el continente blanco con el fin de retro alimentar con nuevo conocimiento para mejorar el próximo prototipo. Por consiguiente, se explica a continuación los trabajos realizados a esta Turbina Eólica.

Tabla 1. Listado de componentes Turbina Eólica año 2020 Autor CT. JIMENEZ FAC.

ELEMENTO	TIPO	MATERIAL	ESPECIFICACION
Generador	Alternador HINO	Hierro fundido	24V a 600 RPM
Palas	Flat plate	Ultrapol	Teflón grado 6
Estructura	Tubular	Acero	normalizado
Cola	Flat plate	Ultrapol	Teflón grado 6
Carcasa	Seccionado	Fibra de vidrio	Estándar
Freno	Disco	Acero	Freno de disco por guaya
Engranajes	Dentado recto	Ultrapol	Teflón grado 6

Se efectuaron pruebas no destructivas a las hélices de la Turbina Eólica donde se desacoplaron las tres palas tal como aparecen en la fotografía, denotándose a primera vista mediante inspección visual directa (VT), corrosión granular severa en las platinas sujetadoras de cada pala, así como en los tornillos.

Figura 19. Inspección visual palas de Turbina Eólica año 2020 Autor CT. JIMENEZ FAC.



Se efectuó inspección por la técnica de ultrasonido (UT) a (03) palas de las turbina eólica, prestando principal atención en el borde de ataque, borde de salida y la unión pala - turbina, durante la inspección no se evidenciaron indicaciones relevantes como (grietas, deslaminaciones, pérdida de material por erosión), por lo cual es satisfactorio el desempeño de estas durante los dos años de funcionamiento.

Figura 20. Inspección empleando la técnica de ultrasonido en las palas de Turbina Eólica año 2020. Autor CT. JIMENEZ FAC.



Se efectuó inspección por la técnica de inspección visual directa (VT) y partículas magnéticas (MT), a los (03) soportes de las palas, durante la inspección se evidenció corrosión por erosión en toda la superficie, pérdida de recubrimiento anticorrosivo por erosión, durante la inspección NO se evidenció (grietas) prestando principal atención en los agujeros que alojan los tornillos. Así mismo se realizó inspección por la técnica de partículas magnéticas (MT) a los (18) tornillos que une las palas a la Turbina durante la inspección se evidenció corrosión granular por erosión en la parte de la cabeza de los tornillos y en la parte de la sujeción de la tuerca (áreas expuestas al ambiente), durante la inspección NO se evidenció indicaciones de (grietas o estrés por ciclaje).

Figura 21. Inspección empleando la técnica de inspección visual detallada en los pernos de Turbina Eólica año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.

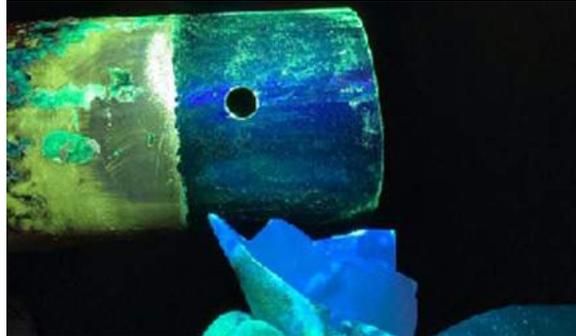


Se efectuó inspección no destructiva por la técnica de inspección visual directa (VT), utilizando lente de aumento de 10X, limpieza con SKC-S (cleaner) a toda la estructura de anclaje de la turbina eólica durante la inspección se evidencia corrosión granular en un 40% de toda la estructura, pérdida de recubrimiento anticorrosivo (pintura) en un 40% de la estructura, NO se encontraron indicaciones como (grietas, entalles o pérdida de material por corrosión).

Figura 22. Inspección visual directa (VT), utilizando lente de aumento de 10X en orificios sujetadores cables tensores de poste de la Turbina Eólica año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.



Figura 23. inspección con tintas penetrantes, en la sección de anclaje de la mitad del poste de la Turbina Eólica año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.



Se efectuó inspección por la técnica de tintas penetrantes (PT) al tubo de anclaje de la Turbina Eólica, realizando limpieza de la zona a inspeccionar con (SKC-S) tiempo de penetrado 30 minutos, con penetrante (ZL-27A), tiempo de revelado 15 minutos con revelador (SKD-S2), durante la inspección efectuada se evidencio oxidación en toda el área de inspección, NO se encontraron indicaciones relevantes como (grietas, pérdida de material o entalladuras).

Debido a la gran cantidad de concentración de corrosión por exfoliación, por la pérdida de recubrimiento anticorrosivo, se realizó Blend Out (trabajo mecánico) con herramienta motorizada y disco abrasivo, con el fin de retirar la mayor cantidad de corrosión posible y dejar expuesta el material base, una vez teniendo el elemento a inspeccionar listo se procedió a efectuar inspección preliminar por la técnica de inspección visual (VT) con lente de aumento de 10X, durante la inspección no se evidenciaron indicaciones relevantes tales como (grietas, entalles mecánicos, deformaciones).

Figura 24. Alistamiento superficie estructura soporte de los tensores Turbina Eólica año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.



Se efectuó inspección por la técnica de partículas magnéticas a los (04) agujeros que soportan los tensores (vientos) de la base de la Turbina Eólica, durante la inspección se evidenciaron deformación en los agujeros (ovalización), entalle mecánico debido a la tensión ejercida de los por los fuertes vientos antárticos, No se evidencio indicaciones relevantes tales como (grietas).

Figura 25. Inspección NDT Técnica de partículas magnéticas (MT) a los agujeros que soportan los tensores de la Turbina Eólica año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.

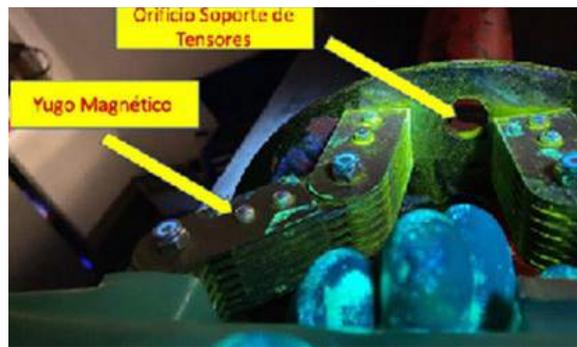


Figura 26. Mecanismos Cabezote Turbina Eólica. año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.



En esta imagen visualizamos la mayoría de los componentes mecánicos de la Turbina eólica, con esta vista tenemos dos flechas que nos indican la parte delantera y trasera de la Turbina eólica.

- Escobillas: son las que permiten el giro de 360o de la Turbina eólica por la cual pasa la energía del generador a las baterías.
- N5: Engranaje principal con 73 dientes, fabricado en material de teflón, sufrió daños durante la operación de la turbina, con pérdida de efectividad en un 90%, dientes rotos con pérdida de material en un 100%.

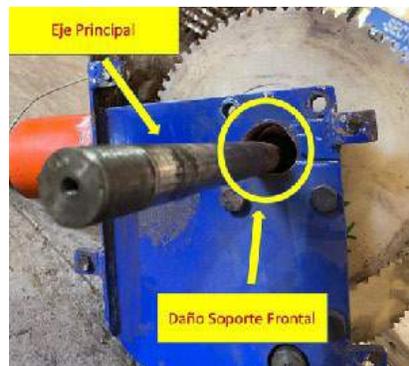
- N4: Engranaje secundario con 21 dientes, fabricado en material de teflón, sufrió daños durante la operación de la turbina, con pérdida de efectividad en un 80%, dientes rotos con pérdida de material en un 100%.
- Mordaza de freno: Es que nos permite parar la Turbina eólica en caso de que se requiera, la cual su desempeño fue de un 80% de efectividad, sufrió desgaste excesivo en una de sus dos pastillas de frenado (interior).
- Disco de frenado: Es que permite el frenado de la Turbina eólica Junto con la mordaza, su efectividad fue de un 100%, No presenta desgaste, corrosión, perdida de material ni entalles mecánicos.
- Rodamiento: Mecanismo por el cual la Turbina eólica puede girar, su funcionamiento fue de un 50%, ya que debido al ambiente corrosivo y a los fuertes vientos antárticos cargados de polvo lo que se convierte en un abrasivo y la falta de lubricación (mantenimiento preventivo), presento corrosión en la pista y en sus rodamientos (balines) por lo cual perdió su capacidad de giro.
- N2: Engranaje secundario con 73 dientes, fabricado en material de teflón, sufrió daños durante la operación de la turbina, con pérdida de efectividad en un 70%, dientes rotos con pérdida de material en un 70%.
- N1: Engranaje secundario con 21 dientes, fabricado en material de teflón, sufrió daños durante la operación de la turbina, con pérdida de efectividad en un 50%, dientes rotos con pérdida de material en un 40%.
- Sensor RPM: Es el que permite llevar el control de las revoluciones del generador a través de un lente óptico, su desempeño fue de un 20% debido a las condiciones de humedad y polvo.
- Generador: Es el encargado de transformar el movimiento mecánico en energía eléctrica, su desempeño fue de un 90%.

Figura 27. Rodamiento que fallo en la Turbina Eólica. año 2020. Autor CT.JIMENEZ FAC.



Este rodamiento es el que soportó todo el peso de las palas, Hub, eje, cubierta del Hub, sumado a los fuertes temporales de viento antárticos cargados de polvo que se convierte en un abrasivo para las partes metálicas en movimiento con fricción entre materiales, lo cual ocasiono corrosión en su pista y balines de rodamiento, debido a esto y la falta de lubricación (mantenimiento preventivo), sufrió daños en un 100% de su efectividad, lo que conllevó a un desalineación del eje principal de la Turbina eólica lo que conllevó a que sus piñones sufrieran un desgaste anormal y redujera el generación de energía a un 15% de su capacidad total.

Figura 28. Consecuencia rodamiento que fallo en el Cabezote Turbina Eólica. Año 2020 CT. JIMENEZ.



Debido a la falla generada en el rodamiento principal y como consecuencia de este, el eje principal de la Turbina Eólica se descentro, provocando un mal funcionamiento, trabajando sobre el soporte frontal el cual sufrió daños como (pérdida de material entalles mecánicos y ovalización).

Se efectúa inspección no destructiva por la técnica de inspección visual directa (VT), durante la inspección se evidencian (03) indicaciones de grietas en el área de sujeción de la Turbina Eólica, Durante la inspección a la soldadura entre la base de la turbina eólico Y la plataforma de anclaje NO se evidenciaron indicaciones relevantes, los pernos de sujeción presentan corrosión galvánica por la disimilitud de materiales entre la plataforma de anclaje y los pernos, los cuales perdieron su recubrimiento galvánico en un 60%.

Figura 29. Inspección visual lente 10X base Turbina Eólica. Año 2020 CT. JIMENEZ.



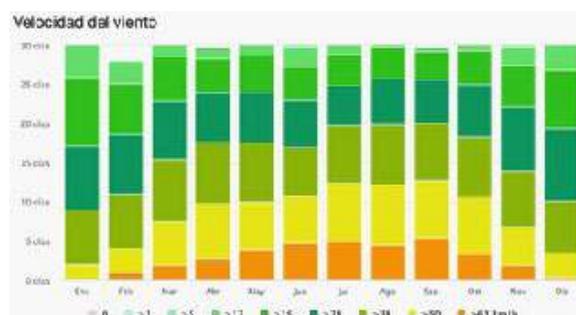
Durante la inspección por la técnica de inspección visual directa (VT) se evidenció (01) indicación tipo grieta de aproximadamente 30 milímetros de longitud con pérdida de material en el plato de sujeción principal el cual estaba soldado a una placa metálica de un calibre de 5mm en la Antártida Base Marambio.

Figura 30. Fisuras en la base Turbina Eólica. Año 2020 CT. JIMENEZ.



Con base a las predicciones de meteorología de viento de la Base Marambio en la Antártida y las cuales estuvieron a prueba en in situ por la Turbina Eólica “FAC-X-001” implementada desde el mes de marzo del año 2018 hasta inicios del 2020 demostraron que el prototipo instalado soportó los inviernos de alrededor de 61 Km/h como lo ilustra la gráfica de vientos históricos de la Base.

Figura 31. Datos Históricos de Viento en Base Marambio. Fuente 7-días, P., 14-días, P., actual, T., meteorológicos, M., ensemble, M., & viento, M. et al. (2020). Clima Base Marambio. Retrieved 16 March 2020, from https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/base-marambio-antartida_8521245.



El diagrama de Base Marambio muestra los días por mes, durante los cuales el viento alcanza una cierta velocidad. Un ejemplo interesante es la meseta tibetana, donde el monzón crea vientos fuertes y regulares de Diciembre a Abril y vientos tranquilos de Junio a Octubre (Meteoblue 2020). Lo anterior con el fin de mostrar un panorama de trabajo de la Turbina.

En la fase de Inspección se verificaron todos los componentes que componen la Turbina Eólica con el fin de evaluar su desempeño de funcionamiento mecánico ya que esta sufrió daños estructurales en sus componentes internos lo cual limitó la investigación en lo referente a este punto, imposibilitando los objetivos específicos de la toma de RPM o temperatura en su desempeño.

La ejecución de la investigación se realizó mediante pruebas no destructivas destacando la inspección visual detallada por los hallazgos visibles principalmente, así como también se emplearon corrientes Eddy y ultrasonido, con el fin de buscar fallas en los componentes estructurales no visibles fácilmente.

5. Los hallazgos encontrados fueron:

- Fallo de un rodamiento del eje principal por ausencia de lubricación y vibración excesiva por el peso del Hub de palas.
- Rompimiento de un soporte interno de todos los mecanismos debido a la alta vibración.
- Tren de engranajes deformado por la falla del rodamiento del eje de la Turbina.
- Desacople del engranaje del alternador por la alta vibración.
- Desgaste de todos los engranajes por erosión debido al polvo Antártico.
- Corrosión en el 90% de la Turbina eólica por el ambiente salino.
- A raíz de los hallazgos encontrados se puede mejorar el diseño de la Turbina Eólica, pero de igual manera se debe resaltar que este prototipo en términos generales de su diseño e implementación cumplió de manera sobresaliente las características de desempeño mecánico en este ambiente de condiciones extremas tan extremas siendo el generador eólico que más tiempo funciono en esta Base.
- Dentro de las conclusiones más relevantes esta la mejora en los materiales ferrosos y rodamientos de mayor capacidad de peso, así como sellamiento por ambas caras para mantener las características de lubricación y la implementación de un sistema de sobre velocidad para la protección de la Turbina en caso de viento excesivo.

6. Resultados esperados:

Se pretende diseñar un modelo de Turbina Eólica mejorado el cual va a tener un mayor desempeño para la futura implementación de Base de Colombia en la Antártida con el cual generará la electricidad suficiente para las labores de investigación de los futuros investigadores, así como de dar cumplimiento al protocolo de Madrid siendo una Base

Científica amigable con el medio ambiente. Eventualmente se espera tener la oportunidad de probar un refugio temporal para cuatro investigadores con el fin de probar la segunda versión mejorada de la Turbina Eólica y tener una idea más concreta de cómo va a ser la futura Base.

Figura 32. Turbina Eólica en la Base Marambio Antártida Argentina. Año 2018 CT. JIMENEZ.



7. Bibliografía.

Agencias. (25 de febrero de 2009). El deshielo de los polos afecta a la vida humana, animal y vegetal. Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de EcoDiario.es: <http://ecodiario.economista.es/medio-ambiente/noticias/1059765/02/09/La-nieve-y-el-hielo-disminuyen-en-ambos-polos-por-el-cambio-climatico.html>

Ambientes y Soluciones. (2017). KIT de energía solar 320 watts hora x día prediseñado. Recuperado el 18 de febrero de 2018, de https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=1413

Ammonit. (s.f.). ¿Qué es la energía eólica? Recuperado el 20 de febrero de 2018, de <http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica>

Armada Nacional de Colombia. (s.f.). Programa Antártico Colombiano. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de www.armada.mil.co

Comisión Colombiana del Océano. (2016). Programa Antártico Colombiano. Recuperado el 18 de noviembre de 2017, de www.cco.gov.co

Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación. (enero de 2016). Programa Antártico Colombiano. Recuperado el 18 de noviembre de 2017, de Colciencias: www.colciencias.gov.co

Departamento de Energías Renovables FAA. (2016). Generador Eólico FAA. Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de <http://energiasrenovablesantartida.faa.mil.ar/index.php/Home/agradecimientos>

Ecológica Constructores. (s.f.). «¿Qué es un sistema solar fotovoltaica? Recuperado el 20 de febrero de 2018, de <http://ecologicaconstructores.com/index.php/eco-blog/101-que-es-un-sistema-solar-fotovoltaico>

Erenovable. (21 de julio de 2015). Cómo funciona un aerogenerador o turbina eólica

8. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Capitán Jiménez Lozano Cesar**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana**

Cargo: **Investigador expedicionario Antártico 2015-2020 FAC**

Anexo 13

Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Medio ambiente y otras iniciativas	Meteorología aeronáutica	Fenómenos meteorológicos adversos a la aviación, rendimiento de aeronaves.

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Coronel Nayid Eduardo Iglesias Everstsz	Fuerza Aérea Colombiana	Trabajo Investigativo
Mayor Giovanni Jiménez Sánchez		Trabajo de campo
Teniente Coronel Guillermo Poveda Zamora		Trabajo de campo
Capitán Mauricio Jiménez García		Trabajo de campo
Capitán Álvaro Rafael Martínez Mancera		Trabajo de campo

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Una vez arribamos a la Isla Rey Jorge el día 20 de enero de 2020 en la aeronave de la Fuerza Aérea Colombiana Hércules C-130 FAC 1004, fue seleccionado como punto de instalación de los sensores meteorológico el cerro la Cruz, que se encuentra ubicado detrás de la Base Profesor Julio Escudero, del Instituto Antártico Chileno (INACH).

Este sitio cuenta con una altitud de 40 metros, no es afectado por construcciones o topografía compleja que pueda interferir con las mediciones, además, cuenta con conexión eléctrica dada la cercanía al laboratorio antártico de radiación cósmica del INACH.

El trabajo en campo consistió en mediciones en superficie, con una estación meteorológica portátil que recolectó datos cada minuto durante los 5 días (20 al 24 de enero de 2020)

de permanencia en el continente antártico, y observaciones en altura con un sistema de sondeo atmosférico, en el que se realizaron mediciones cada 6 horas durante los 3 primeros días y cada 3 horas durante los dos últimos.

Las variables medidas en superficie fueron, presión, temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento, base de las nubes, precipitación, tiempo presente y visibilidad.

Las variables medidas en altura, desde superficie hasta la alta troposfera, fueron presión, temperatura, humedad y dirección e intensidad del viento.

La información recolectada permitió caracterizar con datos observados y mediciones in situ, el comportamiento de la atmosfera durante los días de observación. Estos datos serán usados como datos iniciales para las corridas de los modelos de predicción meteorológica, buscando verificar la habilidad con la que los modelos reproducen los fenómenos meteorológicos que afectaron a la aviación durante los días de observación.

4. Otras entidades participantes.

El Desert Research Institute (DRI) de Nevada - EE. UU., no participó en el trabajo de campo, pero participará en el desarrollo investigativo del proyecto, con la modelación de la atmosfera y el análisis de la información recolectada.

5. Objetivo general del proyecto.

Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

- Crear una base de datos de superficie y altura con la información generada por la comunidad meteorológica internacional y la obtenida por los sensores propios instalados en la isla Rey Jorge.
- Con los datos recopilados en las bases de datos, identificar y caracterizar los fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea.
- Correr diferentes configuraciones de los modelos de pronóstico meteorológico del tiempo para verificar la habilidad con la que los modelos reproducen fenómenos meteorológicos caracterizados.
- Integrar los resultados del modelo de pronóstico que mejor reproduce los fenómenos peligrosos, a los productos de los servicios de navegación aérea, para ofrecer información acertada a las tripulaciones que realizan operaciones aéreas en el continente antártico.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

El transporte hasta la Isla Rey Jorge se realizó en la aeronave de la Fuerza Aérea Colombiana Hércules C-130 FAC 1004.

Los apoyos logísticos fueron coordinados con el INACH y la Base Profesor Julio Escudero (alimentación, alojamiento, transporte de equipos desde el aeródromo hasta el sitio de instalación).

También se tuvo apoyo de la Fuerza Aérea de Chile para el transporte de equipos y alojamiento de dos investigadores, quienes se alojaron en la Base Presidente Eduardo Frei Montalva.

8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

Sistema táctico de observación meteorológica TACMET:

La TACMET es una estación meteorológica portátil que ofrece altos rendimientos en un paquete muy compacto. Mide, procesa y reporta datos de velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, humedad relativa (punto de rocío), presión y precipitación.

El sistema está alimentado por la red de corriente alterna o por un panel solar integrado. Cuenta con baterías de repuesto disponibles, que garantizan un mínimo de 7 días de operación sin recarga.

Las partes mecánicas del sistema son livianas pero robustas y todos los cables están equipados con conectores rápidos con códigos de colores. Las maletas de transporte son livianas, pero brindan un excelente acolchado para transportar los equipos.

La TACMET procesa cálculos estadísticos, realiza control de calidad de datos y formatea datos para otros usos. El software de control de calidad incorporado convalida los datos del sensor contra los límites fijados por el usuario y los cambios graduales entre mediciones sucesivas. En el improbable caso de un mal funcionamiento la TACMET detecta automáticamente las fallas y el sensor puede ser rápidamente reemplazado en el terreno.



Sistema de sondeo atmosférico VAISALA



Antena portable set CG31

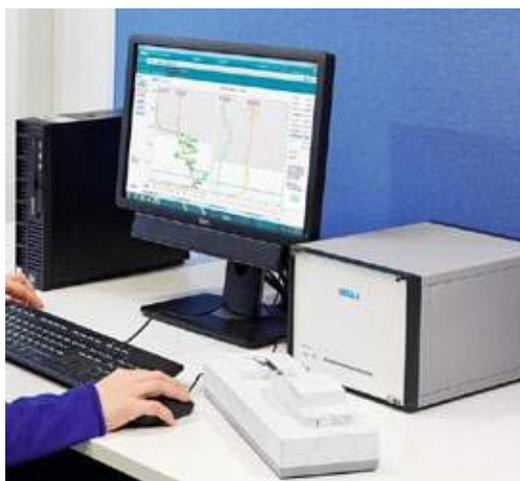
El conjunto de antena consta de una antena Hélix UHF con amplificador de antena y antena GPS en un trípode. El conjunto de antena está pintado de verde de serie. Una persona puede manejar y ensamblar el conjunto de antena. CG31 recibe señales de radiosonda en la banda meteorológica UHF de 400 MHz. El trípode y las antenas se pliegan de forma compacta para el transporte. La caja de transporte está hecha de polipropileno y está equipada con ruedas para facilitar su transporte. El estuche de transporte también contiene una bolsa de equipo, que contiene almohadillas para los pies, clavijas y un martillo.



Sistema de recepción y procesamiento de datos DigiCORA

Es un sistema que permite la calibración de las radiosondas y además permite el procesamiento de los datos recibidos por la antena CG31, es una excelente opción para

aplicaciones sinópticas y de investigación. El sistema sigue automáticamente el proceso de preparación de la radiosonda, y se necesita un mínimo de intervención con clics y entradas por parte del usuario. En la pantalla se muestran claramente los indicadores de estado y las animaciones. Para guiar al operador, también tiene disponible una función de ayuda contextual. Con su manejo altamente intuitivo, la interfaz también acelera el proceso de aprendizaje. Las opciones de configuración disponibles están diseñadas para proporcionar una manera simple y directa de realizar el sondeo, mientras que, al mismo tiempo, ofrecen una amplia gama de opciones para personalizar el funcionamiento.



Cilindros de gas helio

Para esta investigación fue necesario transportar 4 cilindros de gas helio comprimido, cada cilindro tiene un peso de 80kg, tiene dimensiones de 1.5 metros, y almacena 6 m³ de gas. El gas fue requerido para inflar los globos de látex a los que fueron atadas las radiosondas que se lanzaron a la atmósfera para mediciones en altura.



Radioondas RS41 Vaisala

Son dispositivos electrónicos usados para medir las variables meteorológicas en altura, son atados a los globos de latex inflados con helio para ascenso y medición en altura. El sensor de temperatura de la radiosonda RS41 de Vaisala utiliza tecnología lineal de platino resistente y es muy estable. El tamaño pequeño del sensor ofrece un error de radiación solar bajo y garantiza una rápida respuesta. El sensor también incorpora una protección eficaz contra la refrigeración por evaporación, un fenómeno que se produce ocasionalmente cuando una radiosonda emerge de la parte superior de una nube. El sensor de humedad integra elementos de detección de humedad y temperatura. El reacondicionamiento automático antes del vuelo del sensor de humedad elimina de manera eficaz los contaminantes químicos y garantiza una excelente precisión en la medición de la humedad. El sensor de temperatura integrado se utiliza para compensar los efectos de la radiación solar en tiempo real. La función de calentamiento del sensor permite un método de deshielo activo y eficaz en condiciones de congelación durante el vuelo. El sensor de humedad también brinda una respuesta rápida para detectar estructuras finas de la atmósfera. El sensor de presión es un sensor capacitivo de silicio de alta calidad y resistente a los golpes, con sistema electrónico y calibración modificados. Todos los sensores de RS41 se calibran según referencias con trazabilidad a los estándares internacionales (unidades de SI) y la incertidumbre de medición se calcula de acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Mixta para las Guías en Metrología (Joint Committee for Guides in Metrology), 100:2008.



9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

En esta fase inicial del proyecto las principales actividades de investigación desarrolladas se limitaron a la toma de datos y recopilación de información para organizar las bases de datos que nos permitan identificar y caracterizar los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación en el continente antártico.

10. Resultados preliminares.

Se obtuvo una base de datos con información en superficie de las variables presión, temperatura, humedad, dirección e intensidad del viento, base de las nubes, precipitación, tiempo presente y visibilidad. En altura una base de datos con las variables presión, temperatura, humedad y dirección e intensidad del viento.

Se realizó un registro fotográfico de las condiciones meteorológicas reinantes en cada hora de lanzamiento de los sondeos atmosféricos.

Se recopilaron datos históricos de variables meteorológicas en superficie de las estaciones meteorológicas automáticas instaladas en la Isla Rey Jorge y datos en altura de los sondeos atmosféricos realizados por las estaciones cercanas a la Isla.

11. Resultados esperados.

Entregar un modelo de pronóstico meteorológico del tiempo configurado, que permita reproducir con el mayor grado de aceptabilidad los fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea, con el fin de garantizar una operación aérea segura en el continente antártico.

12. Títulos de publicaciones en curso.

Identificación y caracterización de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea en el continente antártico.

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

No se ha realizado ninguna publicación hasta el momento.

14. Actividades de divulgación.

Hasta el momento no se ha realizado ninguna actividad de divulgación.

15. Recomendaciones.

Para una próxima campaña de Colombia a la Antártica, se requiere realizar una estadía más prolongada de los investigadores, que permita realizar series de tiempo de datos más amplias.

16. Bibliografía.

Arctowski, H., 1904, Rapportsurles observations météorologiques horairesfaitespendant Ph'tvemage antarctique de la "Bélgica", Rapportssi'cientifiques, Expédition AntarctiquesBelge, Res. voy. S.Y. Bélgica, Météorologiques, Amberes.

Bañón, M. 1994. El clima en a zona de influencia de la Base Antártica Española Juan Carlos I. Pape-les de Geografía, 20, 27-47.

Bañón, M., Justel, A., Velázquez, D., & Quesada, A. (2013). Regional weather survey on Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Antarctic Science*, 25(2), 146-156.

Bernacchi, L.C., 1901, "Meteorológica! observations on the 'Southern Cross' expedición to the Ancarccic, 1899-1900", en G. Murray (ed.), *The Antarctic Manual*, Royal Geographical Sociery, Londres, pp. 50-56.

CARRASCO J. ET AL. Distribution and Characteristics of Mesoscale Cyclones in the Antarctic: Ross sea Eastward to the Weddell Sea. *Journal American Meteorological Society* 2003. Volume 131. P 289 - 301.

Fósiles terciarios de la Formación, M., & Arctouskí, C. (1988). *Isla Rey Jorge, Antártica*!".

HEINEMANN & KLEIN. Simulations of Topographically Forced Mesocyclones in the Weddell Sea and the Ross Sea Region of Antarctica. *Journal American Meteorological Society* 2003. Volume 131. P 131 - 316.

IRVING, SIMMONDS & KEAY. Mesoscale Cyclone Activity over the Ice-Free Southern Ocean: 1999-2008. *Journal American Meteorological Society* 2010. Volume 23. P 5404 - 5421.

Lazzara, M. A., Weidner, G. A., Keller, L. M., Thom, J. E., & Cassano, J. J. (2012). Antarctic automatic weather station program: 30 years of polar observation. *Bulletin of the American Meteoro-logical Society*, 93(10), 1519-1537.

Ludecke C. 2009, Exploración científica de la Antártida: ejemplos desde la época histórica hasta la fecha, *ISTOR*, revista internacional de historia, (Winter 2009), Vol 10, Issue 39.

Pinochet de La Barra, O. (1976). *La Antártica Chilena*.

Programa Antártico Colombiano - Comité Técnico Nacional de Asuntos Antárticos y Comisión Colombiana del Océano visión 2014 - 2035.

Reijmer, C. H., Van Meijgaard, E., & Van den Broeke, M. R. (2005). Evaluation of temperature and wind over Antarctica in a Regional Atmospheric Climate Model using 1 year of automatic weather station data and upper air observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D4).

Reijmer, C. H., Van Meijgaard, E., & Van den Broeke, M. R. (2005). Evaluation of temperature and wind over Antarctica in a Regional Atmospheric Climate Model using 1 year of automatic weather station data and upper air observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D4).

Tratado antártico, secretaria general del tratado antártico, consultado en página web <https://www.ats.aq/s/ats.htm> el 23 de Febrero de 2019.

Van Den Broeke, M., Reijmer, C., & Van De Wal, R. (2004). Surface radiation balance in Antarctica as measured with automatic weather stations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*.

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **CT Jiménez Garcia Mauricio**

Institución: **Fuerza Aérea Colombiana**

Cargo: **Especialista red de Observación y vigilancia Meteorológica**

Correo: **mauricio.jimenezg@fac.mil.co**

Teléfono: **320 847 9456**

Anexo 14

Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición de comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica

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

Área Temática	Línea de Investigación	Sublínea
Biodiversidad de organismos antárticos	Biología	Genética de organismos antárticos

2. Investigadores y entidades participantes en esta fase del proyecto (aclarar investigadores que trabajaron en campo y los que no).

Investigadores	Entidad	Actividades
Investigador principal: Rosa Leonor Acevedo Barrios Ph.D.	Universidad Tecnológica de Bolívar.	Formulación, búsqueda de recursos para el desarrollo del proyecto recolección y procesamiento de muestras
Co-investigador: Edison Chavarro Mesa Ph.D.		Formulación del proyecto, recolección y procesamiento de muestras.
Co-investigadora: Carolina Rubiano Labrador Ph.D.		

3. Actividades desarrolladas en la Antártica, especificando la(s) plataforma(s) y escenarios antárticos.

Actividades desarrolladas en el ARC 20 de Julio y/o en otras plataformas en la Antártica.

4. Otras entidades participantes.

Programa Antártico Colombiano (PAC), Comisión Colombiana del Océano. (CCO), Dirección Marítima (DIMAR) y Armada colombiana.

Comité Polar Español (CPE), buque Bio-Hespérides, Armada española.

5. Objetivo general del proyecto.

Describir la composición y la riqueza de tardígrados y bacterias presentes en diferentes

puntos de las islas Shetland del Sur y la península Antártica, continuación.

6. Objetivo(s) particular(es) para la fase del proyecto desarrollada en el verano austral en cuestión.

Recolectar musgos y líquenes de 3.5 cm de diámetro, según las especificaciones metodológicas y cuyo diseño tiene en cuenta la protección del ecosistema. Igualmente se recolectaron muestras de sedimentos marinos y agua de cada punto de muestreo.

7. Base, buque u otros, en donde desarrollaron los objetivos específicos de esta fase de campo.

El primer objetivo particular del proyecto se desarrolló a bordo del buque español Bio-Hespérides en 4 sitios diferentes de las islas Shetland del Sur y la península antártica, desde el 14 de febrero hasta el 7 de marzo de 2020, según lo descrito en la Tabla 1.

El buque español Bio-Hespérides fue el lugar de alojamiento durante toda la expedición. En las Figuras 1 y 2 se muestra un diagrama del exterior y del interior del buque, el cual está administrado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Ministerio de Defensa español (MINDEC) y por la Armada Española; sus instalaciones cuentan con áreas para estudios científicos (Laboratorio de Biología) y además cuenta con internet, textos de WhatsApp y teléfono para llamadas de emergencia.

En el Anexo 1, se muestra la estructura general del buque proporcionado por la Armada española. Así como una descripción general, de sus instalaciones, las cuales están climatizadas, cuentan con: 18 camarotes para científicos, dos cámaras para oficiales y científicos dotadas con televisión y computador, así como 4 computadores con conexión a internet, enfermería, biblioteca y dos comedores que proporcionan todo lo necesario para la supervivencia temporaria durante el verano austral, a bordo del buque.

De igual forma, se cuenta con un puente de mando, cuarto de máquinas, sistema de tratamiento de aguas residuales, trituradora y compactadoras de basuras orgánicas y plásticos. El agua para cocinar los alimentos y beber es embotellada debido a que el agua tratada en la planta de tratamiento no es potable, pero se usa para sanitarios y duchas.

Figura 1. Diagrama exterior del buque del buque español Bio-Hespérides.



RADIOGRAFÍA DEL HESPÉRIDES

Botado el 12 de marzo de 1990, el Buque de Investigación Oceanográfica Hespérides (A-33) es el único buque español diseñado para efectuar investigación científica en todos los mares y océanos, inclusive las zonas árticas y antárticas. La actividad principal se centra en los veranos australes. Las campañas científicas incluyen el apoyo logístico y de personal a las Bases Antárticas Españolas (BAE) Juan Carlos I y Gabriel de Castilla, así como en proyectos de investigación programados en éstas.

BASES ANTÁRTICAS



CUBIERTA DE HELICÓPTEROS

Diseñada para aeronaves ligeras e medias, como el Agusta-Boh 212. Incluye un hangar telescópico. Actualmente se utiliza para almacenaje.

CABESTRANTE

Para muestras de fondo. Tiene 5.000 m de cable. Soporta un máximo de 5 t.

HELICE

De peso fijo de 5 palas y 2 m de diámetro. Tiene un bajo perfil de ruido para no afectar la investigación científica.

CUBIERTA DE TRABAJO

De 200 m². Diseñada para el despliegue de líneas de fondo y el uso de diferentes equipos de investigación.

CASCO

Fabricado en acero de alta resistencia. Puede actuar como rompehielos en capas de hasta 40 cm.

LABORATORIOS

Cuenta con más de 500 m² de laboratorios científicos dedicados a los diferentes tipos de investigación, situados en las cubiertas más bajas donde el impacto de los movimientos del barco por la mar es menor.

BOTES DE SALVAMENTO POLAR

Con capacidad para 40 personas.

BALSAS DE SALVAMENTO DUARRY

Con capacidad para 20 personas.

ANTENAS, RADARES Y COMUNICACIONES

El navío cuenta con varios sistemas de comunicaciones, dirección y posicionamiento de última generación.



ESLORA	92,5 m
MANGA	14,3 m
PUNTAL	7,35 m
CALADO	4,42 m
DESPLAZAMIENTO	2.630 t
AUTONOMÍA	12.000 millas náuticas
BOTADO	12 de marzo de 1990
DOTACIÓN	95 (Personal Armada) 37 Científicos

HELICE TRANSVERSAL

Impulsora de prua de eje fijo de 4 palas. Facilita el maniobra y le permite girar libre su eje.

FUENTES: Ministerio de Defensa y Armada Española
Agradecimiento: Comandante Julio Albaladejo y Segundo Comandante Rafael G. Brilla

Figura 2. Diagrama interior del buque español Bio-Hespérides.

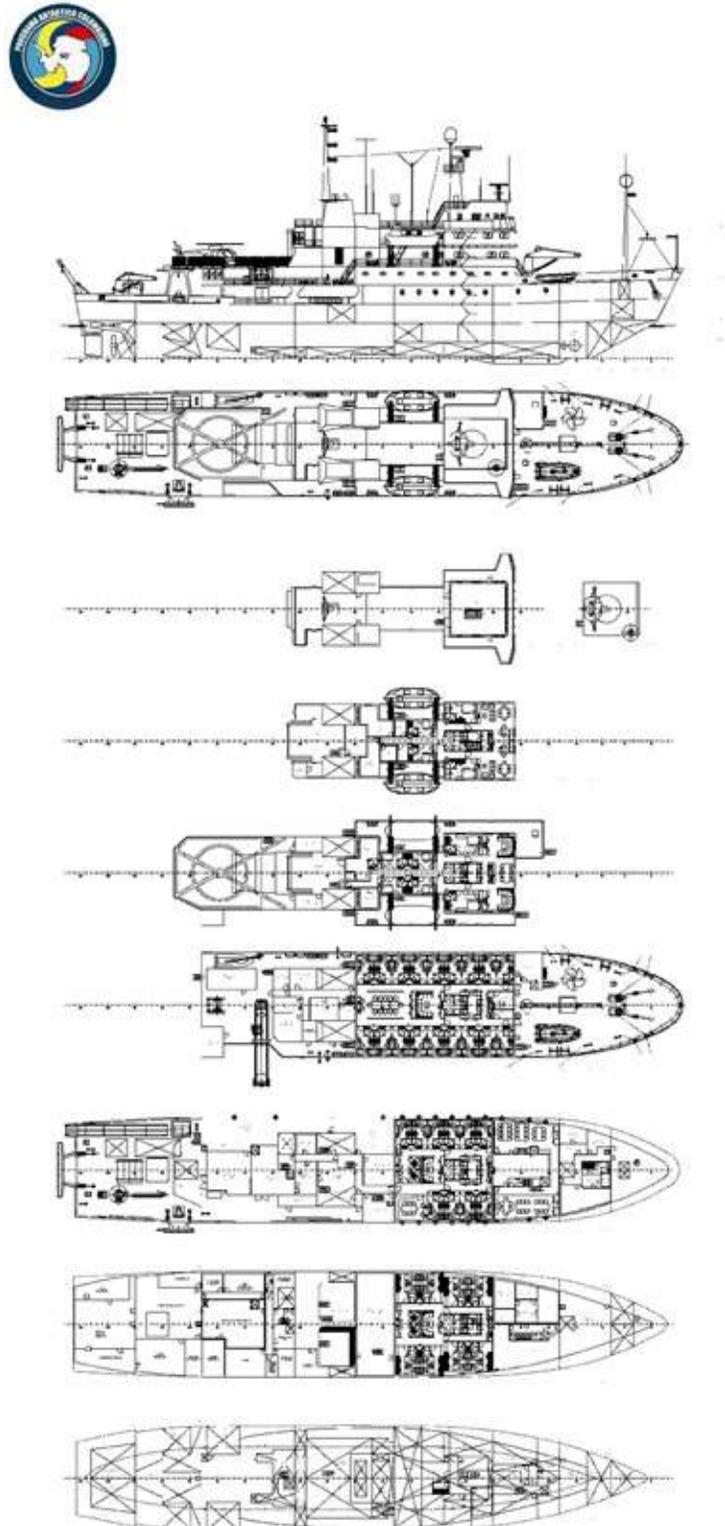


Tabla 1. Sitios de toma de muestras en el buque español Bio-Hespérides, Campaña Verano austral 2019-2020.

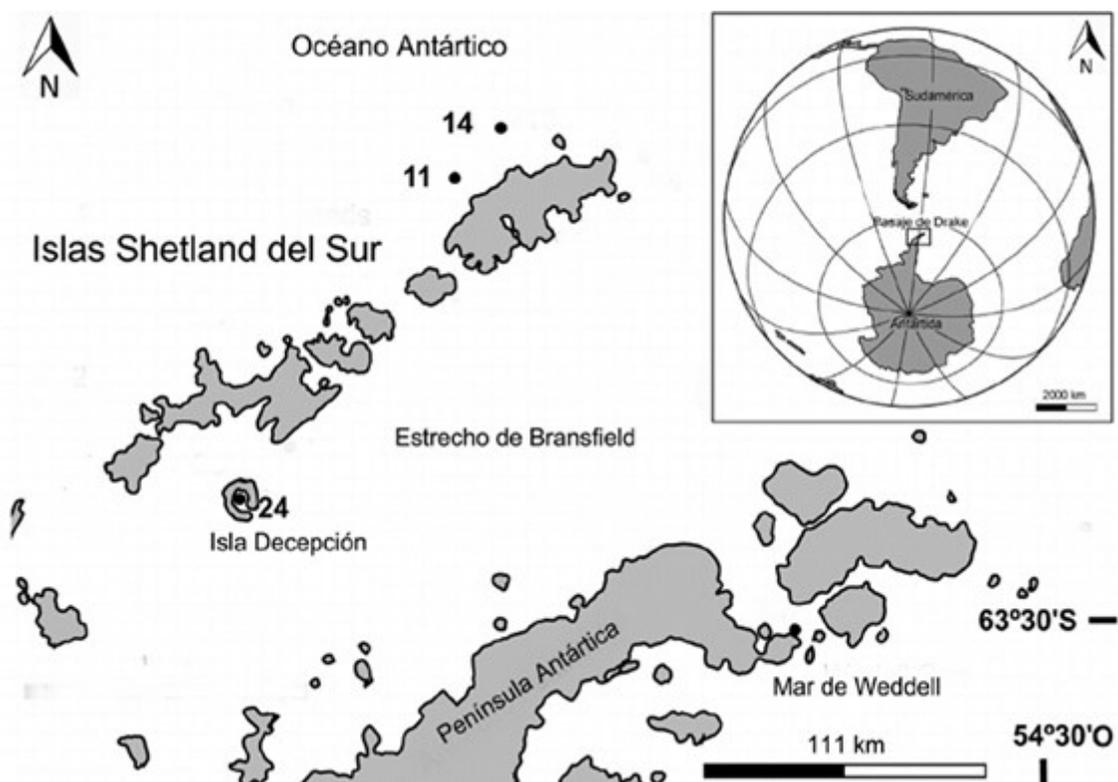
Ubicación toma de muestras plumas aves antárticas	Coordenadas geográficas	Fecha	Foto	Observaciones
1.Península de Byers-ZAEP (islas Sherland del Sur)	62° 34' 35" S, 61° 13'07" W	Febrero 14 de 2020		<p>Suero rocoso Día soleado Hora: 5:00 am Radiación gamma (γ): 0.1606Gy Temperatura: 2°C Humedad: 70% PH: 6.6 ClO₄ "In situ": 60 ppm</p>

Ubicación toma de muestras plumas aves antárticas	Coordenadas geográficas	Fecha	Foto	Observaciones
<p>2.Isla Livistong, Base española Juan Carlos I (islas Sherland del Sur)</p>	<p>62°65´00" S 60°38´3" W</p>	<p>Febrero 18 de 2020</p>		<p>Suero rocoso Día soleado Hora: 9:00 am Radiación gamma (γ): 0.180 Gy Temperatura: 4°C Humedad: 70% PH: 6.6 ClO₄ "In situ": 85 ppm</p>

Ubicación toma de muestras plumas aves antárticas	Coordenadas geográficas	Fecha	Foto	Observaciones
3. Isla Caleta Cierva- ZAEP (Península Antártica)	64° 09' 33.2" S 60°57' 28.8" W	Febrero 24 de 2020		<p>Suero rocoso con presencia de muchos icebergs Día nublado con nevada Hora: 9:30 am Radiación gamma (γ): 0.076 Gy Temperatura: 2°C Humedad: 75% PH: 6.8 ClO_4 "In situ": 65 ppm</p>
4. Isla de la Media Luna (islas Sherland del Sur)	54°01'00"S 37°19'00"O	Febrero 28 de 2020		<p>Suero rocoso Día soleado Hora: 4:00 am Radiación gamma (γ): 0.185 Gy Temperatura: 2°C Humedad: 75% PH: 6.6 ClO_4 "In situ": 65 ppm</p>

Ubicación toma de muestras plumas aves antárticas	Coordenadas geográficas	Fecha	Foto	Observaciones
<p>5. Isla Decepción Base española Gabriel de Castilla (islas Sherland del Sur)</p>	<p>62°98' 3" S 60°21' 9" W</p>	<p>Marzo 2 de 2020</p>		<p>Suelo volcánico ráfagas de viento mal tiempo en general (lluvia, nieve y viento fuerte) Día nublado Hora: 11:30 am Radiación gamma (γ): 0.162 Gy Temperatura: 2°C Humedad: 85% PH: 6.1 ClO₄ "In situ": 90 ppm</p>

Figura 3. Mapa de ubicación de las islas Shetland del sur y península antártica visitadas durante la campaña respecto a la Península antártica.



Fuente: Google Maps 2020.

Figura 4. Foto del buque español Bio-Hespérides fondeado en Isla Livistong.



El camarote de alojamiento era cómodo en cuanto a lo básico, para dos personas. Constaba de una cama camarote de madera, con calefacción; un baño dotado con ducha, sanitario y lavamanos; una mesa, una silla y un armario.

Figura 5. Imagen de un camarote de oficiales y científicos.



8. Descripción de equipo científico y de apoyo.

La dotación del buque para el verano austral 2019-2020 fue de 80 personas: 60 corresponden a la tripulación y 37 a científicos (20 españoles, 11 Estadunidenses, 5 alemanes, y 1 colombiana).

El capitán a cargo del buque fue CF Emilio Regodón Gómez, oficiales, suboficiales y cabos.

El porcentaje de personal científico presente en el buque en esta campaña corresponde en un 60% a españoles, 40% extranjeros, de los cuales la profesora Rosa Leonor Acevedo Barrios Ph.D de la Universidad Tecnológica de Bolívar (Figura 6). Representó el programa Antártico colombiano,

El viaje de ida a la Antártida se realizó en la Base Frey (Isla Rey Jorge) el 13 de febrero de 2020 mediante un vuelo de Porpolar de Portugal gestionado por el Comité Polar Español-CPE y el desembarco Punta Arenas (Chile) el 7 de marzo de 2020.

Figura 6. Foto de la investigadora colombiana Rosa Leonor Acevedo Barrios a bordo del Hespérides en el laboratorio de Microbiología.



9. Descripción de las principales actividades de investigación desarrolladas.

A continuación, se describen las actividades realizadas durante la estancia en la Antártida. El área de estudio en que se enfocó la investigación fue el área biológica y para el mismo se tuvo en cuenta que el impacto ambiental de las actividades realizadas fuera el mínimo en cuanto a los requerimientos del proyecto. Se tomaron muestras de musgos y líquenes en una proporción pequeña respecto al tamaño de la comunidad de musgo o líquen para minimizar el impacto ambiental en el ecosistema. Igualmente se recolectaron muestras de sedimento marino y agua de cada punto de muestreo.

A nivel metodológico se colectaron coordenadas, fechas y hora de muestreo y parámetros físico-químicos “in situ” como pH, humedad, altitud, radiación gamma, $KClO_4$ “In situ”, fotografías y descripciones generales de los briófitos (musgos y líquenes) encontrados a nivel macro y microscópico (aumento 40x), así como detalles en cuanto al ecosistema y presencia de animales como pingüinos, skúas, albatros, petreles, focas, lobos y elefantes marinos que pudieran influir en las muestras de alguna manera. Estos datos se muestran en la sección de resultados preliminares. Así mismo, se obtuvieron datos meteorológicos proporcionados por el capitán del buque Bio- Hespérides, los cuales son importante para este estudio.

Datos meteorológicos: UTR Bio-Hespérides
Fecha: 14 de febrero de 2020 al 2 marzo de 2020
Velocidad del viento 4 km/h – 80 km/h
Temperatura del viento $-2.0^{\circ}C$ a $4.5^{\circ}C$
Humedad 60–80%
Radiación solar gamma (γ) 0.155 a 0.180 Sv/h

Es importante resaltar que el buque contaba con una estación meteorológica por lo cual estos datos son esenciales para la descripción de las condiciones del muestreo realizado. El tiempo a bordo del buque en total fue de 30 días, lo cual permitió cumplir a cabalidad el objetivo planteado, en los sitios visitados de las islas Shetland del Sur, la Península Antártica y continente Antártico, donde se tomaron muestras; las coordenadas de ubicación y características de los sitios de muestreos están descritos en la Tabla 1; así como realización de la verificación de la presencia de tardígrados en la mayoría de las muestras, haciendo uso de un estereoscopio con el que contaba el buque español Bio-Hespérides. Este tiempo puede considerarse pertinente teniendo en cuenta que se visitaron 6 puntos diferentes de las islas Shetland del Sur y 1 punto la Península Antártica y 3 puntos del continente antártico; dadas las características climáticas las oportunidades para salir a muestrear fueron suficientes para tomar muestras en 10 sitios diferentes.

Así mismo se realizó la exposición de seminarios, con científicos de los diferentes países abordado. Con el fin de conocer los proyectos antárticos realizados por los científicos a bordo y establecer alianzas estratégicas de nuevos proyectos en futuras expediciones. En nuestro caso la presentación de nuestro seminario fue el 29 de febrero de 2020, donde realizamos la presentación de nuestro proyecto “Evaluación de factores toxicológicos, fisicoquímicos y biogeográficos en la composición comunidades microbianas cultivables presentes provenientes de la Antártica” y resultados preliminares a militares y científicos a bordo del buque. Esto con el fin de desarrollar el interés en la ciencia, dar a conocer el Programa Antártico Colombiano y que conocieran el propósito y alcance de nuestra investigación, y cómo nos ayudaron a alcanzar nuestros objetivos. Figura 7.

Figura 7. Presentación del Seminario “La investigación ambiental en la Antártica” al comandante, oficiales y científicos del buque Bio-Hespérides, campaña antártica verano austral 2019-2020.



A continuación, se describen con más detalle las actividades realizadas en las diferentes Islas Shetland del Sur y Península Antártica visitadas en el buque Bio- Hespérides durante la campaña antártica verano austral 2019-2020.

El 13 de febrero de 2020 hubo un encuentro en el buque con el Comandante CF Emilio Regodon Gómez de la Armada Española, a quien le entregamos un pequeño presente en agradecimiento por su hospitalidad. El 14 de febrero de 2020 aproximadamente a las 8:30 pm zarpo el buque Hespérides a iniciar las actividades científicas en los diferentes puntos de las Islas Shetland del Sur.

El buque cuenta con camarotes cómodos para 2 personas con un baño interno, el cual compartimos durante esta expedición. De acuerdo con la información proporcionada, el viaje estuvo en condiciones óptimas en términos climáticos y llegamos en 56 h como se había previsto. De acuerdo con las condiciones con que se contaba, la atención por parte del personal del barco fue excelente.

El 13 de febrero de 2020, el comandante de buque Bio-Hespérides CF Emilio Regodon Gómez nos dio la bienvenida al buque y nos indicó que éramos invitados y que seríamos tratados como tal, se asignaron los camarotes y se recibieron indicaciones del funcionamiento de buque, horarios de comidas y el cuidado que se debe observar en el mismo.

Desde el 14 de febrero hasta el 2 de marzo de 2020 se realizaron los recorridos en botes sodiac desde el buque a diferentes puntos de las islas Shetland del Sur y la Península Antártica, para la toma de muestras de musgos, líquenes y sedimentos marinos.

El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio de Biología del buque donde se contó con un estereoscopio para determinar la presencia de tardígrados en las muestras recolectadas (Figura 14).

En cada una de las visitas a los diferentes puntos de muestreo se observaron pingüinos adultos y sus crías, focas, elefantes marinos y lobos marinos, así como palomas antárticas, skúas, petreles y gaviotines antárticos.

Nuestro itinerario para la toma de muestras se dividió en dos partes, la insular y la continental. Nuestra vida transcurrió en el barco con visitas diarias a distintos lugares (Figura 9). En un magnífico entorno natural que se mete en tu corazón, en tu mente y hasta en tus sueños, la mayor parte de las visitas se concentra en las bases militares.

La Antártida es un territorio internacional dedicado a la ciencia y a la paz, así que sus únicos y verdaderos habitantes (humanos) son los científicos que cuentan con el apoyo logístico de los militares de los países a donde pertenecen.

Figura 8. Desplazamiento de investigadores en zodiac.



Sonidos irrepetibles que se completan en la Antártida como el sonido de trueno de los glaciares rompiéndose en algún lado. Cuando esto sucede, se produce una doble reacción: por un lado, miro el horizonte y busco el origen del sonido; por otro, el instinto me hace mirar necesariamente al suelo que piso, para ver si yo aún sigo allí. Si a esta sinfonía natural, profunda y primitiva, le añades el eco del canto de los escúas, cormoranes, gaviotas, albatros y preteles; así como el resoplido espumoso de las ballenas, los bramidos incansables de los pingüinos o los cantos ahogados de las focas, elefantes y lobos marinos y lo mejor de todo, el silencio (Figuras 9, 10, 11 y 12).

Treinta días en Antártida son suficientes para transformar a una persona y teniendo en cuenta que en el verano austral antártico nunca se hace de noche totalmente, a eso de las 10:00 pm el sol se ubica en el horizonte hasta las 4:00 am y luego nuevamente sube y brilla todo el día. Eso significa que el sol resplandece en la Antártida en verano un promedio diario de 18 a 19 horas, por eso a muchas personas que visitan la Antártida se les altera su reloj biológico.

Figura 9. Pingüinos Papuas y Barbijos



Figura 10. Foca Leopardo



Figura 11. Ecosistema Antártico



Figura 12. Lobo de mar



El buque español el Bio-Hespérides es un barco construido para realizar ciencia con buenas instalaciones. Tienen cámara hiperbárica para buzos, laboratorios con todo lo necesario, algunos equipos, microscopios, autoclaves, zona húmeda y de análisis. También realizan colección de datos atmosféricos y meteorológicos. Desde el barco fue evidente el cambio constante del paisaje pues desaparecieron los témpanos gigantes que estaban en la bahía y quedaron fragmentos, igualmente fue posible observar parte de las montañas las cuales no eran visibles anteriormente.

Dadas las condiciones climáticas adecuadas no fue posible realizar todos los muestreos programados, esto no permitió realizar todas visitas programadas para la toma de muestras. Se observaron muchas aves (gaviotas anidando, skúas anidando, palomas antárticas) focas de Weddell, lobos, elefantes y pingüinos.

Figura 13. Identificación de eutardigrado encontrado en las muestras de Isla Livinstong

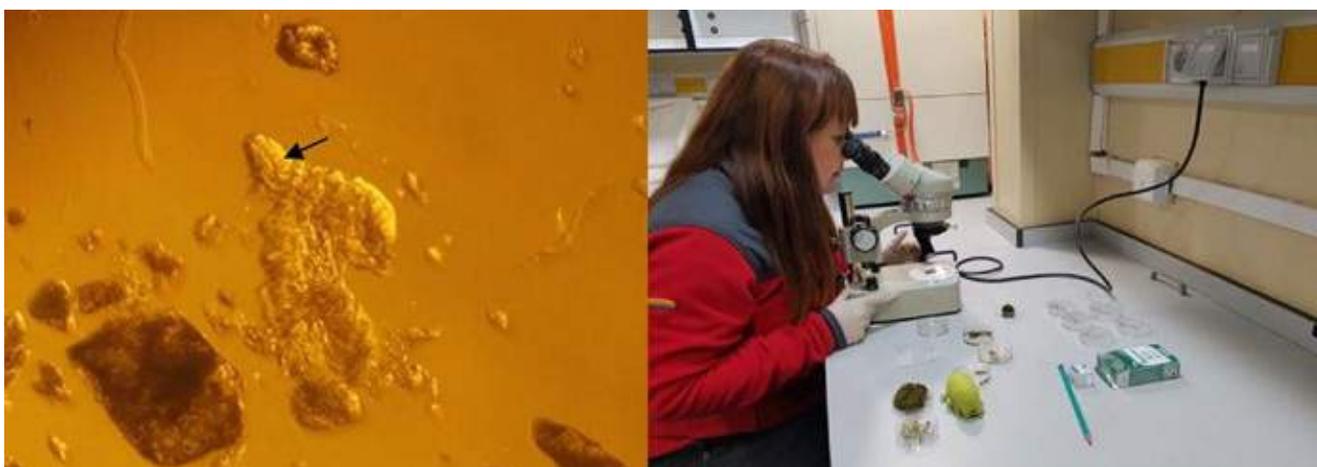
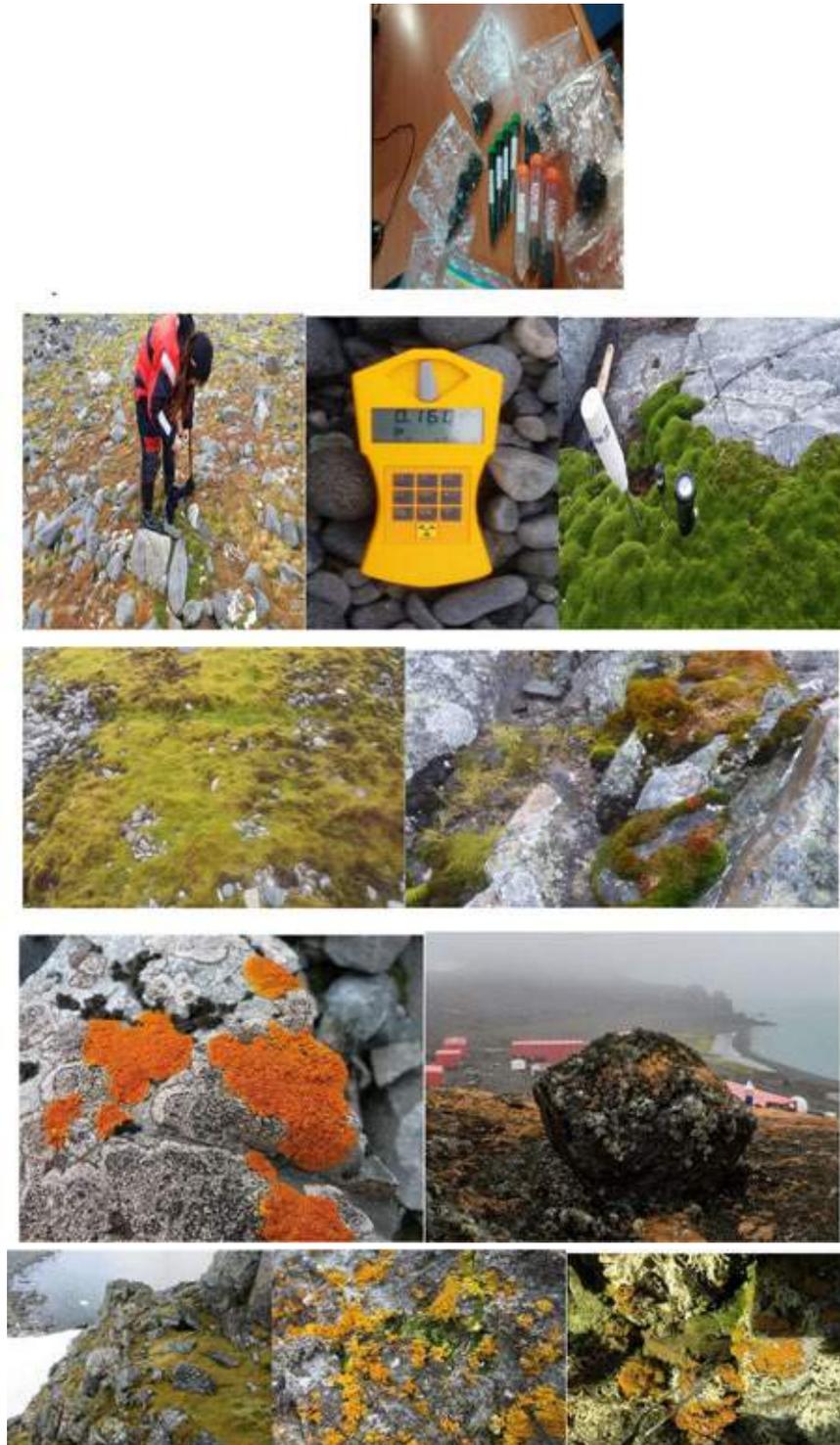


Figura 14. Toma de muestra de musgos, líquenes y sedimentos marinos en diferentes puntos de las Islas Shetland del Sur, Península Antártica y Continente antártico.



La experiencia en esta expedición a la Antártica se podría describir como única y fantástica, porque lo que encuentras como ser humano y como científico es inspiración. Es un lugar de paz donde puedes encontrarte contigo mismo, donde el tiempo se detiene y las ideas fluyen para nuevos proyectos, donde los paisajes son de una hermosura sin igual. Aquí te das cuenta que no puedes sobrevivir solo y encuentras que tan importante es la unidad como seres humanos en busca de un fin determinado. Es también una gran oportunidad para crear redes científicas, así como nuevos amigos con espíritu aventurero y con ganas de explorar desde lo más microscópico, hasta el universo sin importar que tan extremas sean las condiciones. Viniendo de un país que ha sufrido el conflicto armado es de resaltar, para nosotras como científicas, el valor de haber vivido esta experiencia en un lugar donde no existen los conflictos políticos, los países son hermanos y colaboran entre sí y donde nos podemos dedicar a nuestra pasión común que es la ciencia. Agradecemos todas las personas e Instituciones que hicieron esta expedición posible.

10. Resultados preliminares.

Se recolectaron en total 20 muestras de musgos y líquenes por duplicado y en algunas de ellas se determinó presencia de tardígrados. Así mismo se tomaron 60 muestras de sedimentos marinos para aislamiento e identificación de bacterias antárticas.

11. Resultados esperados.

Se espera poder alcanzar los otros objetivos propuestos como la identificación de especies de bacterias y levaduras provenientes de la Antártica y determinar su composición de acuerdo con su microambiente y macroambiente. Esta tarea tomará alrededor de 1 año y medio a partir de los resultados se espera realizar dos publicaciones como artículo en una revista científica Scopus. También, si se presenta la oportunidad, se buscará realizar una presentación del proyecto en un congreso internacional.

12. Títulos de publicaciones en curso.

Escritura de los artículos de investigación:

- Presence of perchlorate in marine sediments of Antarctica during 2017-2020.
- Identification of tardigrades from the Half Moon Island Antarctica Peninsula.
- Genus Psychrobacter perchlorate-reducing from Deception Island, Antarctica

13. Títulos de publicaciones elaboradas.

No aplica

14. Actividades de divulgación.

Las actividades de divulgación se basaron principalmente en la publicación de fotos en Facebook, la descripción oral de nuestro trabajo y del Programa Antártico Colombiano científicos y personal de la armada española del buque Bio-Hespérides. También se realizó un seminario en el buque donde está presente el Comandante, militares y científicos donde se realizó la presentación de nuestro proyecto: “Tardígrados y bacterias provenientes de la Antártica” que contiene información del proyecto y además los agradecimientos a las Instituciones patrocinadoras de la expedición.

Así mismo el 18 de abril de 2018, se realizó una ponencia del proyecto “Tardígrados de la Antártica” en Seminario Antártico Colombiano: “Un reto de país” organizado por la Comisión colombiana del Océano (CCO) en la ciudad de Bogotá los días 18 y 19 de abril de 2018.

Y el 1 de julio de 2018 se realizó una ponencia oral en el Simposio Tardigrada-2018 en Copenhague Dinamarca, este es un evento top a nivel mundial en el tema de tardígrados.



Condecoración de la Comisión de la Equidad para la mujer del Senado de la Republica: Medalla Policarpa Salavarrieta como mujer emergente en Ciencia y Tecnología en Colombia, 27 de marzo de 2019

<https://www.eluniversal.com.co/educacion/congreso-de-la-republica-condecora-a-rosa-acevedo-docente-de-la-utb-JF979029>
<http://lachachara.org/2019/03/rosa-acevedo-barrios-pasion-por-naturaleza/>
<http://nadiabel.com/la-cientifica-rosa-acevedo-es-una-de-las-ganadoras-del-premio-mujeres-emergentes-2019/>
<https://mundonoticias.com.co/tag/sucrena-y-docente-de-la-utb-rosa-acevedo-barrios/>
<https://regioncaribe.com.co/congreso-otorga-reconocimiento-a-docente-de-la-universidad-tecnologica-de-bolivar/>
<https://elvigilante.co/?p=4616>

La Universidad Tecnológica de Bolívar también está preparando entrevistas y un informe para la región caribe y Colombia.

<https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/la-cientifica-costena-que-se-destaca-por-su-trabajo-en-la-antartida-344922>
<http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/cientificas-colombianas-recibiran-el-ano-nuevo-en-la-antartida/39272>
<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/la-cientifica-de-sucra-que-viajara-a-la-antartida-171806>
<http://www.eluniversal.com.co/suplementos/facetas/la-profesora-que-se-fue-de-cartagena-la-antartida-272425>
<https://www.pressreader.com/colombia/el-colombiano/20171022/281625305545178>
<http://elmeridiano.co/corozalera-llegara-a-la-antartida/95823>
http://caracol.com.co/emisora/2018/01/31/cartagena/1517437346_356649.html
<https://www.youtube.com/watch?v=qZttvPxEP0Q>

Publicaciones en la página web de la Universidad Tecnológica de Bolívar

<http://www.unitecnologica.edu.co/noticias/mi-viaje-a-la-antartida>
<http://www.unitecnologica.edu.co/noticias/la-utb-hacer-nuevamente-parte-de-la-expedicion-la-antartida>

Publicación de la Revista Mundo UTB de diciembre de 2016, 2017 y 2018 donde me dedica un artículo completo a la participación de la UTB en las Expediciones de Colombia a la Antártida:

<https://www.unitecnologica.edu.co/noticias/revista-mundo-utb-universidad-tecnologica-de-bolivar-diciembre-2016>

Publicación en el periódico el Universal sobre la experiencia y el proyecto

<http://www.eluniversal.com.co/ciencia/docente-de-la-utb-en-expedicion-cientifica-en-la-antartica-246713>

Publicaciones en Caracol radio sobre la experiencia y proyecto:

http://caracol.com.co/emisora/2017/02/15/cartagena/1487178720_416788.html

Publicaciones en otros medios digitales de la experiencia en la Antártida y el proyecto:

<http://www.vamosaandar.com/cartagena-en-expedicion-antartida/>

<https://co.universianews.net/2017/02/15/docente-de-la-universidad-tecnologica-de-bolivar-en-expedicion-cientifica-en-la-antartida/>

Publicaciones de la CCO:

<https://twitter.com/antartidacol?lang=es>

https://twitter.com/cco_antartica?lang=es

<https://www.youtube.com/user/antarticocolombiano>

<https://www.facebook.com/antartidacolombia/?ref=ts&fref=ts>

15. Recomendaciones.

Los barcos deben poseer una banda ancha mejor para poder realizar llamadas de WhatsApp y poder acceder a las bases de datos; así mismo contar con una forma de limpiar/desinfectar los zapatos antes de bajar a tierra en la Antártica para no contaminar o llevar especies no deseadas. En barcos y bases es importante también tener en cuenta no sobrepasar la capacidad de estos en personal para que en caso de emergencia se cuente con las instalaciones necesarias para sobrellevar la eventualidad y también para mantener unas condiciones de mayor comodidad para el personal.

Es importante que al menos una de las personas en la dotación maneje el inglés, para en caso de emergencia poderse comunicar con barcos turísticos también.

La caminata en los días soleados en especial en subida genera transpiración excesiva, por lo cual es necesario tener dentro del vestuario polar una chaqueta a prueba de viento y si es posible a prueba de agua que sea ligera.

16. Bibliografía.

Acevedo-Barrios, Rosa, Angela Bertel-Sevilla, Jose Alonso-Molina, and Jesus Olivero-Verbel. 2019. "Perchlorate-Reducing Bacteria from Hypersaline Soils of the Colombian Caribbean." *International Journal of Microbiology* 2019: 1–13. <https://www.hindawi.com/journals/ijmicro/2019/6981865/>.

Acevedo-Barrios, Rosa, Consuelo Sabater-Marco, and Jesus Olivero-Verbel. 2018. "Ecotoxicological Assessment of Perchlorate Using in Vitro and in Vivo Assays." *Environmental*

Science and Pollution Research 25(14): 13697–708.

Acevedo, R, A Bertel, J Alonso, and J Oliverol. 2016. “Perchlorate Tolerant Bacteria from Saline Environments at the Caribbean Region of Colombia.” *Toxicology Letters* 259(259): S103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.257>.

Andrews KT, Patel BKC (1996) *Fervidobacterium gondwanense* sp. nov., a New Thermophilic Anaerobic Bacterium Isolated from Nonvolcanically Heated Geothermal Waters of the Great Artesian Basin of Australia. *International Journal of Systematic Bacteriology* 46:265-26

Altschul, S. F., Madden, T. L., Schaffer, A. A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W. & Lipman,

D. J. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res* 25, 3389–3402.

Bouckaert, R., Heled, J., Kühnert, D., Vaughan, T., Wu, C. H., Xie, D., Drummond, A.

J. (2014). BEAST 2: a software platform for Bayesian evolutionary analysis. *PLoS computational biology*, 10(4), e1003537. doi:10.1371/journal.pcbi.1003537

Gaviria V., Jackeline, & Osorio C., Esteban. (2012). Diversidad de levaduras asociadas a inflorescencias de mango y flores de ‘lulo arbóreo’. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 160-169. Retrieved April 22, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612012000200019&lng=en&tlng=es.

Chavarro Mesa, E., Ceresini, P. C., Ramos Molina, L. M., Pereira, D. A., Schurt, D. A., Vieira Jr, J. R., & McDonald, B. A. (2015). The *Urochloa foliar* blight and collar rot pathogen *Rhizoctonia solani* AG-1 IA emerged in South America via a host shift from rice. *Phytopathology*, 105(11), 1475-1486.

Hall, T. A. (1999). BioEdit: a user-friendly biology sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41, 95–98.

Martínez, Cavello, Arrarte, Garmendia, Cavalitto, & Vero, S. (n.d.). Levaduras antárticas: biodiversidad y potencial biotecnológico. 1. Retrieved from <https://levadurasbiocontrol.files.wordpress.com/2016/05/levaduras-antc3a1rticas-3.pdf>

Librado, P. And Rozas, J. (2009). DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25: 1451-1452.

Ronquist, F. And Huelsenbeck, J.P. (2003) MrBayes: Bayesian Phylogenetic Inference under Mixed Models. *Bioinformatics*, 19, 1572-1574. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180>

Rodríguez, H. A., Cardona, R., & Alemán, L. (2001). Control químico del añublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* Kühn en arroz. *Bioagro*, 13(1).

Ramos-Molina, L. M., Chavarro-Mesa, E., Pereira, D. A. D. S., Silva-Herrera, M. D. R., & Ceresini, P. C. (2016). *Rhizoctonia solani* AG-1 IA infects both rice and signalgrass in the Colombian Llanos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(1), 65 - 71.

Rubiano-Labrador, C. (2006). Aislamiento y caracterización de microorganismos termófilos anaerobios lipolíticos, proteolíticos y amilolíticos de manantiales termominerales de Paipa e Izá (Boyacá). Tesis de Pregrado. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana.

Rubiano-Labrador, C., Baena, S., Díaz-Cárdenas, C., & Patel, B. K. (2013). *Caloramator quimbayensis* sp. nov., an anaerobic, moderately thermophilic bacterium isolated from a terrestrial hot spring. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 63(4), 1396-1402.

Schauer, M., Massana, R. & Pedros-Alio, C. 2000. Spatial Differences in Bacterioplankton Composition Along the Catalan COSAT (NW Mediterranean) assessed by Molecular Fingerprinting. *FEMS Microb. Ecol.* 33:51-59.

Zhao, J., Li, J. & Kong, F. (2003). Biocontrol activity against *Botrytis cinerea* by *Bacillus subtilis* 728 isolated from marine environment. *Annals of Microbiology*, 53: 29- 35.

17. Apéndices.

Nota: Este informe fue elaborado por:

Nombre: **Rosa Leonor Acevedo Barrios Ph.D.**

Institución: **Docente de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Tecnológica de Bolívar.**

Cargo: **Investigadora de la VI expedición científica de Colombia a la Antártida “Almirante Parra”**

Correo: **racevedo@utb.edu.co**

Teléfono: **315 714 8488**



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



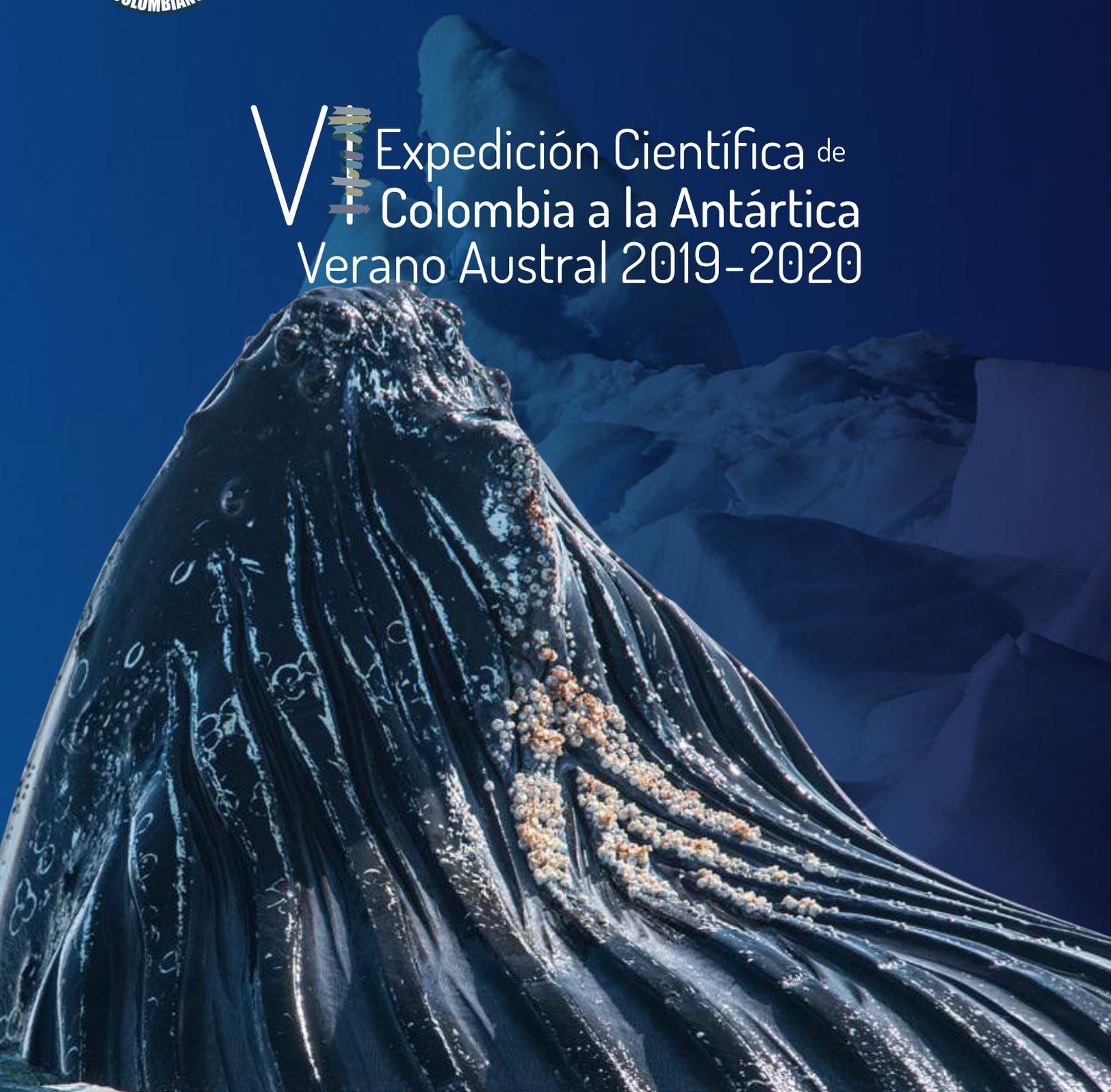
Comisión
Oceanográfica
Intergubernamental



2021 Decenio de las Naciones Unidas
de las Ciencias Oceánicas
2030 para el Desarrollo Sostenible

<http://oceandecade.org>

V Expedición Científica de Colombia a la Antártica Verano Austral 2019-2020



El futuro
es de todos

Vicepresidencia



COMISIÓN
COLOMBIANA
DEL OCEANO



ARMADA
DE COLOMBIA



Ministerio de Defensa Nacional

Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana