



PRESENTACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Responda a continuación de cada pregunta.

1. Código del proyecto (asignado por el IAU).

2. Título del proyecto.

Conservación y manejo de los recursos marinos vivos de la Península Antártica: los pingüinos como centinelas del Océano Austral

3. Investigador responsable.

Alvaro Soutullo, PhD. Profesor Adjunto, UdelaR

4. Datos de contacto.

email: a.soutullo@gmail.com, asoutullo@cure.edu.uy

Teléfono: +598(0)99074408

Dirección: Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Av. Cachimba del Rey s/n, CP 20000, Maldonado, Uruguay.

5. Institución que respalda e instituciones que participan.

Institución que respalda: Centro Universitario Regional del Este, UdelaR

Instituciones que participan: Instituto Antártico Argentino (IAA - Argentina), Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN - España), Centro de Estudios Biológicos de Chize (CEBC - Francia), Instituto Polar Noruego (NPI - Noruega).

6. Resumen no técnico en español.

La Antártida y el Océano Austral cumplen un rol fundamental en el sistema climático global, teniendo un importante papel sobre el nivel medio del mar y los balances globales de calor y gases de efecto invernadero. El Océano Austral constituye uno de los océanos más productivos del mundo, y es gestionado a través de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), que tiene como objetivo principal la gestión racional del ecosistema marino a fin de permitir la utilización sostenida de sus recursos vivos. El objetivo de este proyecto es contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de medidas de conservación orientadas a asegurar la explotación sustentable de los recursos marinos vivos en el entorno de la Península Antártica, utilizando a los pingüinos pygoscélicos como centinelas del ecosistema marino. De esta

forma, se pretende integrar información local (los sitios de muestreo) para comprender procesos a escala regional (Península Antártica), y elaborar recomendaciones para la gestión de recursos marinos en la subárea 48.1 de la CCRVMA. Para ello se utilizarán distintos dispositivos de rastreo que permiten identificar las áreas utilizadas por estas especies durante la época reproductiva y durante el invierno, e identificar posibles solapamientos con la actividad pesquera, u otros potenciales conflictos con otras actividades humanas.

7. Resumen no técnico en inglés.

Antarctica and the Southern Ocean play a key role in the global climate system, playing an important role in global mean sea level, and global heat and greenhouse gas balances. The Southern Ocean is one of the most productive oceans in the world, and is managed through the Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), which has as its main objective the rational management of the marine ecosystem in order to allow the sustained use of its living resources. The objective of this project is to contribute to the design, monitoring and evaluation of conservation measures aimed at ensuring the sustainable exploitation of living marine resources in the Antarctic Peninsula, using pygoscelid penguins as sentinels of the marine ecosystem. The project seeks to integrate local information (the sampling sites) to understand processes at the regional scale (Antarctic Peninsula), and to develop recommendations for the management of marine resources in CCAMLR sub-area 48.1. The project will use different tracking devices to identify the areas used by these species during the breeding season and during the winter, and to identify possible overlaps with fishing activities, or other potential conflicts with other human activities.

8. Justificación: a) explicar cómo se enmarca en las prioridades de investigación antártica nacional e internacional, y b) cuál es la relevancia científica dentro del área de conocimiento específica.

Este proyecto tiene como principal propósito generar información que permita informar y sustentar posiciones nacionales en las discusiones sobre la creación de un AMP en el Dominio 1 de CCRVMA y el establecimiento de límites de pesca de krill en la Subarea 48.1. De esta forma, atiende vacíos de información identificados por CCRVMA y SCAR como relevantes para la gestión sustentable del océano Austral. La propuesta complementa y amplía el proyecto del Portafolio de Proyectos del Programa Nacional Antártico que es coordinado por la MSc. Machado en dos dimensiones: 1) amplía el área geográfica de estudio a toda la Subárea 48.1 de la CCRVMA (Oeste de la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia); 2) amplía el período del año estudiado, colectando información sobre las áreas de actividad de dos de las especies estudiadas, fuera de la época reproductiva.

La Antártida y el Océano Austral cumplen un rol fundamental en el sistema climático global, teniendo un importante papel sobre el nivel medio del mar y los balances globales de calor y gases de efecto invernadero (Kennicutt et al. 2019). La Antártida es la principal reserva de agua dulce del planeta, y el Océano Austral constituye uno de los océanos más productivos del mundo. La Antártida ha sido declarada una reserva natural destinada

a la paz y a la ciencia, y es gestionada bajo un régimen jurídico especial, el Tratado Antártico, no siendo parte del territorio nacional de ningún país. A su vez, el Océano Austral, es gestionado a través de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), que tiene como objetivo principal la gestión racional del ecosistema marino a fin de permitir la utilización sostenida de sus recursos vivos (CCAMLR, 2018).

Sin embargo, esta región del planeta se encuentra fuertemente presionada por el cambio climático y el impacto de las actividades humanas, que generan pérdida de diversidad biológica, introducción de especies exóticas, contaminación, sobreexplotación de recursos marinos y cambios fisicoquímicos en el ecosistema marino (Chown y Brooks 2019; Ropert-Coudert et al. 2019; Morley et al. 2020; Rogers et al. 2020; Cavanagh et al. 2021). En particular, la península antártica (PA), y específicamente el sector oeste de esta región (OPA), es una de las áreas polares más afectadas por el calentamiento global (Cook et al. 2016; Siegert et al. 2019). Como consecuencia, se ha registrado una disminución en la extensión y duración del hielo marino (Stammerjohn et al. 2008; Moffat y Meredith 2018), teniendo una profunda incidencia sobre las especies dependientes del hielo, como el krill antártico (*Euphausia superba*) (Atkinson et al. 2019). Esta es una especie clave en la red alimenticia antártica, y por lo tanto su reducción está teniendo efectos en las poblaciones de sus predadores.

Esta región también está sometida a una fuerte presión de la pesca, identificándose ésta como una de las principales amenazas en el OPA (Hogg et al. 2020). El krill antártico es el principal objetivo de la pesquería en el Océano Austral, y actualmente se encuentra concentrada en el área 48 de FAO (OPA y Arco de Scotia) (Kruger et al. 2020). Esta actividad ha crecido en las últimas décadas, llegando a capturar casi 400.000 toneladas de krill en 2019, correspondiendo el 90% a la PA (Hogg et al. 2020). Hasta el momento, el límite de captura establecido por la CCRVMA para el área 48 es de 620.000 toneladas. En 2009 mediante la medida de conservación 51-07 la CCRVMA asignó un porcentaje de captura que no podrá ser superado en cada subárea. Sin embargo, esta medida está siendo revisada para re-definir estos porcentajes.

Por otro lado, desde el año 2002 la CCRVMA ha estado trabajando en la creación de una red de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en el Océano Austral (Brooks 2013, Sylvester y Brooks 2019). En 2009 la CCRVMA adoptó la primera AMP mundial en alta mar, al sur de las Islas Orcadas del Sur (Sylvester y Brooks 2020), y en 2016 adoptó una segunda en el Mar de Ross. Actualmente están negociando otras tres propuestas en la Antártida Oriental, en el Mar de Weddell y en la zona occidental de la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia (Brooks et al. 2020).

En el ecosistema marino antártico, los pingüinos son considerados especies centinelas, ya que como predador tope integran los cambios que ocurren en los niveles tróficos más bajos, reflejando de forma rápida los cambios ambientales en el medio marino (Le Bohec et al. 2013; Ropert-Coudert et al. 2019). Los cambios en su distribución y abundancia, el éxito reproductivo, la supervivencia y la composición de la dieta, están estrechamente relacionados con las condiciones generales del ecosistema (Le Bohec et al. 2013; Hinkeet

al. 2017). En la región de la PA, los pingüinos del género *Pygoscelis* han mostrado cambios significativos en sus tendencias poblacionales como consecuencia de los procesos antes mencionados: rápido calentamiento, variabilidad interanual en el hielo marino, disminución del krill antártico. En general, las poblaciones de pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*) y Barbijo (*P. antarcticus*) han disminuido en esta región (Trivelpiece et al. 2011; Barbosa et al. 2012), mientras que las poblaciones del pingüino Papúa (*P. papua*) son estables e incluso están aumentando (Lynch et al. 2010), posiblemente debido a que es un predador potencialmente plástico en sus estrategias de alimentación (Miller et al. 2009).

La información sobre especies clave, como el krill, las aves y los mamíferos marinos, y sobre ecosistemas clave como los de la Península Antártica sigue siendo inadecuada para comprender plenamente su dinámica. El seguimiento a largo plazo es esencial para una gestión eficaz, siendo el cambio climático y el aumento del impacto humano local las principales amenazas para los ecosistemas antárticos en el futuro (Chown y Brooks 2019). Por otro lado, esta es información clave también para diseñar medidas efectivas de gestión del Océano Austral. Entre otras, información de alta resolución para el diseño, monitoreo y evaluación de AMPs, como la propuesta para la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia. Se espera que la información obtenida a partir de este proyecto contribuya directamente con esta propuesta, brindando información de base para el monitoreo de su efectividad en el futuro.

Durante la última reunión del Grupo de Trabajo sobre Monitoreo y Manejo Ecosistémico de la CCRVMA (WG-EMM 2021) se lograron avances sustanciales en el desarrollo de la Evaluación de Riesgos para la Subárea 48.1, a efectos de actualizar la medida de conservación 51-07, que determina el porcentaje de captura de krill que no podrá ser superado en cada subárea. Sin embargo, se reconoció que la inclusión de datos relacionados con la migración invernal de los adultos de todas las especies de pingüinos Pygoscelidos debería considerarse una alta prioridad. Estos datos son difíciles de obtener; los adultos mudan después de la cría (lo que hace que la instrumentación con dispositivos de telemetría sea un reto hasta muy tarde en la temporada) y las tasas de mortalidad inmediata después de la cría son altas. Trabajos anteriores de seguimiento de los movimientos invernales de los pingüinos Pygoscelidos han demostrado que los pingüinos Papua parecen permanecer relativamente cerca de sus colonias de cría durante todo el invierno austral (Korczak-Abshire et al. 2021), mientras que los pingüinos Adelia del norte de la Península Antártica realizan extensas migraciones (Hinke et al. 2015). Los pingüinos Barbijo adultos que se reproducen en la subárea 48.1 muestran estrategias más individualistas, pero pueden clasificarse como dispersores lejanos, con movimientos hacia los sectores del Pacífico o del Atlántico del Océano Antártico (e.g., el Dominio 9 de AMPs de la CCRVMA), o como dispersores locales, permaneciendo dentro de un radio de unos 500 km de la Península Antártica (Hinke et al. 2019). En el caso de los individuos que expresan una estrategia de migración local, resulta fundamental identificar el grado y la importancia del solapamiento con la pesquería durante el otoño y el invierno austral. Junto con la adecuada contextualización e interpretación de la información de seguimiento de las aves adultas, la mejora de nuestra comprensión de los movimientos durante el inicio de la dispersión juvenil, que coinciden con un aumento del esfuerzo pesquero en la

subárea 48.1, ayudará a arrojar luz sobre los cuellos de botella para la supervivencia y el grado de solapamiento con las operaciones de pesca (Hinke et al. 2020).

9. Objetivos del proyecto (qué es lo que se pretende comprender mejor).

El objetivo del proyecto es contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de medidas de conservación orientadas a asegurar la explotación sustentable de los recursos marinos vivos en el entorno de la Península Antártica, utilizando a los pingüinos pygoscelidos como centinelas del ecosistema marino. De esta forma, se pretende integrar información local (los sitios de muestreo) para comprender procesos a escala regional (Península Antártica), y elaborar recomendaciones para la gestión de recursos marinos en la subárea 48.1 de la CCRVMA.

Específicamente se pretende:

- 1) identificar y comparar las áreas de forrajeo durante la época reproductiva de dos especies (Adelia y Papúa) en el norte de la Península Antártica, para identificar posibles interacciones con las actividades humanas, y su potencial efecto sobre el comportamiento de forrajeo de estas especies;
- 2) identificar las áreas utilizadas fuera de la época reproductiva por los pingüinos Adelia, y explorar posibles interacciones con las zonas pesca de krill durante el invierno;
- 3) identificar las estrategias de migración durante el invierno de los pingüinos Barbijo y la fidelidad individual a estas estrategias, estudiar la selección de hábitat durante el invierno y la dispersión juvenil durante la primera invernada, y explorar posibles interacciones con las zonas pesca de krill durante el invierno.

10. Resultados esperados al final del proyecto (que se espera haber logrado/conseguido).

Los productos resultantes del cumplimiento de este proyecto son artículos científicos, tesis y documentos de trabajo presentados ante la CCRVMA. Resultados intermedios que pueden ser utilizados como medios de verificación incluyen: 1) mapas de área de invernada de pingüinos Adelia y Barbijo en el entorno de la Península Antártica; 2) mapas de áreas de alimentación de pingüinos Adelia y Papúa durante la época reproductiva en el norte de la Península Antártica, discriminando entre especies, colonia y año; 3) mapas de intensidad de pesca de krill en el área 48 de CCRVMA para los períodos señalados en el numeral 1); 4) mapas de las áreas de superposición de la actividad pesquera con las áreas de invernada de ambas especies en el entorno de la Península Antártica.

Al final del proyecto se espera haber identificado: 1) áreas de alimentación y 2) áreas de invernada de las especies estudiadas; 3) la superposición espacio-temporal entre la actividad pesquera (intensidad de capturas) y las áreas de migración de las especies estudiadas y 4) posibles conflictos a considerar para el diseño de medidas de conservación; 5) diferencias en las estrategias de forrajeo y migración invernal entre

especies e individuos de diferentes localidades y 6) posibles explicaciones (i.e., formular hipótesis) que puedan dar cuenta de esas diferencias (e.g., intensidad de actividades humanas en el entorno de las colonias o diferencias en las condiciones ambientales).

11. Descripción detallada de la metodología.

Objetivo 1

Se colocarán dispositivos de rastreo Axytrek en Isla Ardley (Isla Rey Jorge), Punta Stranger (Isla Rey Jorge) y Bahía Esperanza (Península Trinidad, PA; ver Fig. 1). Se tomarán muestras en simultáneo en las 3 localidades durante las temporadas 2022/2023 y 2023/2024. Aproximadamente 10-20 individuos adultos de cada especie (Adelia y Papua) serán equipados con dispositivos Axytrek (Technosmart, Italia) en cada temporada. Estos dispositivos combinan un GPS de localización rápida, un acelerómetro de 3 ejes y un registrador de temperatura y profundidad. Las aves son capturadas en sus nidos (Bannaschet *al.* 1994), los dispositivos son colocados en la parte inferior-media de la espalda y permanecen colocados por 5-8 días. Las aves son recapturadas en sus nidos para recuperar los dispositivos, medir la masa corporal y recoger muestras de plumas y sangre (1-2 ml), que se utilizarán para el estudio de isótopos estables, sexado molecular e índices de estrés y condición fisiológica.

El análisis de las relaciones de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) de los glóbulos rojos y del plasma, permitirán inferir la dieta durante el periodo de estudio (Handley *et al.* 2016). En cuanto a los análisis fisiológicos, se estudiará la proporción de leucocitos heterófilos y linfocitos (proporción H/L), utilizada como indicador del estado fisiológico y esfuerzo (proporción elevada = estrés elevado) (Maxwell y Robertson, 1998; Davis *et al.* 2008). Siguiendo a Merino *et al.* (1999), se realizarán recuentos diferenciales de leucocitos con un microscopio de luz ($\times 100$) en frotis de sangre (100 leucocitos por frotis). Además, se evaluará el equilibrio oxidativo en el plasma sanguíneo. Se analizarán los componentes oxidantes y antioxidantes utilizando el test de metabolitos del oxígeno reactivo (d-ROM) y pruebas OXY-adsorbentes (Diacron International, Grosseto, Italia), siguiendo a Beaulieu *et al.* (2010). La prueba d-ROMs mide hidroperóxidos plasmáticos, la de oxy-adsorbentes mide la capacidad total de antioxidantes (OXY), cuantificando la contribución de los antioxidantes exógenos y de los sintetizados endógenamente.

Se identificará el rango de forrajeo de las aves reproductoras empleando la Estimación de Densidad de Kernel (EDK) (e.g. Widmann *et al.* 2015; Pickett *et al.* 2018). Se determinará el 50% y el 95% de la EDK de la distribución espacial de cada especie para definir el área de forrajeo “central” y “general” respectivamente. Se evaluará la variabilidad (entre años, colonias, especies y sexos) en la distancia máxima registrada desde la colonia y en la duración de los viajes de alimentación mediante el uso de GLMM, considerando variables físicas y ambientales.

Objetivo 2

En las mismas localidades del objetivo anterior, se equipará al final de cada temporada reproductiva aproximadamente 20 individuos de pingüino de Adelia con geolocalizadores (GLS) que serán recuperados cuando retornen a la colonia al inicio de la temporada

siguiente (las actividades de campo se desarrollarán entre las CAVs 2022/23 y 2024/25). Para la colocación de los dispositivos se utilizará el método descrito por Ratcliffe et al. (2013). Estos dispositivos registran los niveles de luz, de los que se calculan los tiempos de amaneceres y crepúsculos. A partir de estos y la temperatura del agua, se estiman las latitudes y longitudes, permitiendo una localización aproximada (± 150 km). Con estos datos se calculará el área potencial de invernada, siguiendo a Ballard et al. (2010).

Para la identificación de las zonas de pesca de krill, se utilizará información del Sistema de Observación Científica Internacional de la CCRVMA (Hinke et al. 2017; CCAMLR Secretariat 2019; Juárez et al. 2021). La información compilada incluye toneladas de krill capturado, tallas y sexos, ubicación espacio-temporal de los buques, cantidad de horas de extracción y profundidad de cada lance. Se analizará la distribución espacial de la pesquería usando la EDK, ponderando la información por el esfuerzo de pesca (e.g. Krüger 2019; Juárez et al. 2021). Se evaluará el potencial solapamiento entre las áreas explotadas por los pingüinos y la pesquería comercial de krill empleando diferentes escalas espacio-temporales (Hinke et al. 2017).

Objetivo 3

Los GLS ofrecen una resolución suficiente para caracterizar las estrategias de migración durante el invierno a las escalas descritas en Hinke et al (2019). Además, los individuos pueden ser instrumentados antes de que termine la crianza de los pichones (asegurando que solo se incluyan los individuos que se reprodujeron en la colonia) y ser seguidos a través de múltiples años, lo que permite caracterizar la fidelidad de los individuos a una estrategia particular. En consecuencia, se colocará geolocalizadores en un mínimo de N=20 individuos de pingüinos Barbijo en la primera temporada (CAV 2022/2023) en las siguientes localidades: Cabo Shireff en Isla Livingston, Isla Ardley/Península Fildes en Isla Rey Jorge, Vapour Col y Bailey Head en Isla Decepción, e Isla Kopaitic (ver Fig. 1). Se completarán con dispositivos adicionales en las dos temporadas siguientes para mantener este tamaño de muestra (las actividades de campo se desarrollarán entre las CAVs 2022/23 y 2025/2026). En última instancia, el objetivo es recoger hasta 3 años consecutivos de datos de movimiento de los individuos.

Un subgrupo de individuos que hayan demostrado una estrategia de migración más "local" (es decir, restringida a la subárea 48.1) a partir de los datos del GLS, serán instrumentados con GPS Pathtrack Nanofix de archivo y registradores de buceo CEFAS G5 en sitios de las islas Ardley/Península Fildes, Kopaitic y Decepción (N=20 por sitio; puede incluirse el Cabo Shireff, dependiendo de la capacidad logística). Se espera obtener información sobre los movimientos invernales de entre 10 y 15 individuos en cada sitio durante 2 temporadas (las actividades de campo se desarrollarán entre las CAVs 2023/2024 y 2025/26).

Individuos juveniles de estos sitios (N=5 por sitio) y de Narebski Point (Isla Rey Jorge) que pesen más que el peso medio registrado para esa temporada (se supone que representan individuos con mayores posibilidades de supervivencia) serán instrumentados con Plataformas Argos-CLS (PTT; Kiwisat o Telonics) para proporcionar información de

13. Requisitos logísticos, equipamiento necesario y otros apoyos solicitados al IAU.

Este proyecto integra el esfuerzo de múltiples investigadores e instituciones, con el apoyo logístico de los PNA correspondientes. La mayor parte de la logística del proyecto no depende por lo tanto del PNA de Uruguay o el IAU, pero el aporte de estos es fundamental para asegurar el desarrollo de las actividades de campo que corresponden a los integrantes uruguayos del proyecto.

Del PNA de Uruguay se requiere apoyo logístico para las actividades a desarrollarse en Península Fildes e Isla Ardley, en la Isla Rey Jorge. Específicamente, asegurar el transporte a Isla Rey Jorge y alojamiento y apoyo logístico en Base Artigas al personal del proyecto a lo largo de las 4CAVs que se prevé que el mismo se extienda. Se espera que el IAU cubra los costos de transporte por vía comercial (y alojamiento durante las escalas) que sean necesarios para asegurar el ingreso a Isla Rey Jorge en la primera quincena de Noviembre, así como otros movimientos fuera de los vuelos planificados por FAU, que sean necesarios para permitir la presencia del personal del proyecto en los momentos en los que los procesos/fenómenos biológicos que son abordados por este, ocurren. Esto implica también la coordinación con otros PNA para asegurar el transporte del personal del proyecto entre algunas de las ciudades de entrada a la Antártida e Isla Rey Jorge en medios de estos, o con su apoyo. El proyecto requiere la presencia permanente de un mínimo de 3 personas en BCAA en cada CAV entre principios de noviembre y principios de marzo, con intercambio de integrantes del proyecto lo largo de la campaña (i.e., con un número variable de pasajeros ingresando o saliendo de BCAA en cada fase de la CAV).

El desarrollo de las actividades de campo requiere **a diario** largas jornadas de trabajo a la intemperie, a menudo con sensaciones térmicas por debajo de los -10°C y vientos de más de 30 nudos, en zonas alejadas de BCAA. Es imprescindible que el IAU asegure que el personal del proyecto cuente con ropa de frío adecuada para estas condiciones extremas, incluyendo capas externas de GORE-TEX y botas impermeables, así como alimento adecuado para estas condiciones, a ser consumido en el campo. Se requiere también transporte en bote a o desde Isla Ardley cuando las condiciones no permiten el ingreso o salida de la misma a pie. Este es un proyecto físicamente demandante que se desarrolla aún en condiciones meteorológicas extremas. Requiere por lo tanto un elevado nivel de apoyo por parte de la dotación de la base. Es necesario desde el inicio prever la posibilidad de que el personal deba pernoctar en alguno de los refugios que hay en Isla Ardley. Por lo tanto es necesario que el IAU realice las coordinaciones correspondientes con los PNA de Argentina y Chile, para que dichos refugios puedan ser utilizados por el personal del proyecto, así como asegurar su habitabilidad y que estos estén dotados de los equipos y materiales necesarios para su uso (e.g., cocinilla, calefactores, sobres de dormir, alimento, agua, etc.).

Por otro lado, es imprescindible asegurar el retorno de muestras congeladas a Montevideo, asegurando el mantenimiento de la cadena de frío desde que se inicia el retorno desde BCAA hasta que se arriba a Uruguay. Finalmente, dado que uno de los

sitios de muestreo previstos por el proyecto es Bahía Esperanza, existe una oportunidad de desarrollar actividad científica en ECARE en caso de que el PNA de Uruguay entienda conveniente poner a disposición del proyecto las instalaciones de la Estación. Esto no es imprescindible, dado que es posible cubrir la logística de trabajo en la zona desde la Base Esperanza de Argentina y organizar los desplazamientos a la zona con el apoyo del PNA de Argentina.

14. Plan de actividades y apoyos requeridos del IAU para la próxima CAV: plan de trabajo, fechas estimadas de traslado y duración de estancia en BCAA, número de personas a trasladar, medios de transporte requeridos, etc.

Se prevén visitas todos los días a Isla Ardley y algunos puntos de la costa del Mar de Drake entre Noviembre y Marzo. En ese período se marcarán individuos de las 3 especies con loggers y/o GLS, y se tomarán muestras de sangre y plumas, de acuerdo a la metodología detallada previamente. El proyecto requiere la presencia permanente de un mínimo de 3 personas en BCAA entre principios de noviembre y principios de marzo, con intercambio de integrantes del proyecto a lo largo de la campaña (i.e., con un número variable de pasajeros ingresando o saliendo de BCAA en cada fase de la CAV). Los primeros investigadores deberán llegar a BCAA a principios de noviembre, por lo que se requiere la realización de gestiones por parte del IAU para asegurar el ingreso con apoyo de otros PNA.

El desarrollo de las actividades de campo requiere que el IAU asegure que el personal del proyecto cuente con ropa de frío adecuada para el trabajo en condiciones extremas, incluyendo capas externas de GORE-TEX y botas impermeables, así como alimento adecuado para estas condiciones, a ser consumido en el campo. Se requiere también transporte en bote a o desde Isla Ardley cuando las condiciones no permiten el ingreso o salida de la misma a pie. Es necesario que el IAU realice las coordinaciones correspondientes con los PNA de Argentina y Chile, para que los refugios que hay en Isla Ardley puedan ser utilizados por el personal del proyecto, así como asegurar su habitabilidad y que estos estén dotados de los equipos y materiales necesarios para su uso.

Por último, es necesario la utilización de espacio en el laboratorio y la centrifugadora para el procesamiento de las muestras de sangre, y es imprescindible asegurar el retorno de muestras congeladas a Montevideo, asegurando el mantenimiento de la cadena de frío desde que se inicia el retorno desde BCAA hasta que se arriba a Uruguay.

15. Aportes de la institución que respalda y otras que participan del proyecto (sueldos, espacios de laboratorio a disposición, equipamiento, otros).

Las instituciones participantes (CURE, IAA, CEBC, NPI y MNCN) cuentan con todas las infraestructuras (oficinas y laboratorios), equipos y materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto, y estarán a disposición del equipo del proyecto. Estas instituciones y las de los demás investigadores involucrados contribuyen con una

diversidad de aportes, que incluyen e.g., sueldos de los investigadores, insumos de laboratorio, uso de equipos e infraestructuras científicas, incluyendo bases antárticas, equipamiento para operar en condiciones polares, y costos de transporte y permanencia en la Antártida, que no están cuantificados de forma tal que resulte posible desglosarlos. A modo de ejemplo, semuestra el presupuesto necesario para la adquisición de los dispositivos a utilizar en el objetivo 3 del proyecto (Tabla 2).

Tabla 2. Costos de adquisición de dispositivos de rastreo para el objetivo 3 del proyecto.

Item	N	Cost/N	Total (€)	Notes
Light Geolocating Tags (MigrateTech Intigeo)	220	120	26400	6 sites @ N=20/site, plus 100 additional replacements : includes shipping costs
Pathtrack nanotech GPS / TDR tags	100	620	62000	5 sites @ N=20/site : includes shipping
Kiwisat K2G Argos PTT + data transmission	25	2100	52500	5 sites @ N=5/site : includes shipping and related Argos data retrieval costs
Attachment and programming equipment	5	200	1000	tape, glue, cable ties, leg rings, programming interfaces for GLS
Flights (Punta Arenas / KGI)	12	1400	16800	additional staff to assist instrumenting / recapturing animals
TOTAL (€)			158700	

16. Apoyos financieros disponibles o que se prevé gestionar.

El proyecto cuenta con apoyo financiero a través de los siguientes proyectos:

2020. Programa Ecos Sud (UdelaR - Cooperación Francesa). Proyecto: Pingüinos como centinelas del Océano Austral: Comparación de la ecología de la alimentación de los pingüinos *Pygoscelis* en dos sitios altamente contrastantes en la Antártida. Coordinadores: Y. Ropert-Coudert y A. Soutullo. Monto aprox.: USD 25.000.

2020. Fondo de Desarrollo de la Capacidad General (CCRVMA). Proyecto: A science-policy interface to support the work of Uruguay's CCAMLR National Committee (CICU); Coordinador: A. Soutullo. Monto aprox.: USD 100.000.

2021 Fondo Especial CEMP (CCRVMA). Proyecto: Fidelity to overwinter migration strategies and identification of regional foraging hotspots within Subarea 48.1 of Chinstrap penguins (*Pygoscelis antarcticus*). Coordinador: A. Lowther. Monto aprox. USD 200.000 (solicitado; actualmente se ha aprobado financiación parcial de la propuesta, a espera de los resultados de la primera etapa de ejecución).

2021. Fondo Clemente Estable (ANII). Proyecto: Impactos del cambio global sobre los ecosistemas antárticos: los pingüinos *pygoscelidos* como centinelas del Océano Austral. Coordinador: A. Soutullo. Monto aprox. USD 55.000 (incluyendo beca doctoral).

17. Equipo de trabajo (nombres, datos de contacto, formación, tareas, otros).

Uruguay

- Dr. Alvaro Soutullo (CURE, Universidad de la República) a.soutullo@gmail.com; coordinación del proyecto, trabajo de campo, análisis de datos, redacción de informes

- MSc. Ana Laura Machado (CURE, Universidad de la República); almachado90@gmail.com; trabajo de campo, análisis de datos, redacción de informes

Argentina

- Dra. Mariana Juarez (Instituto Antártico Argentino); marianajuarez@hotmail.com; trabajo de campo, análisis de datos
- Lic. Anahi Silvestro (Universidad del Comahue); s.anahi@hotmail.com; trabajo de campo, análisis de datos

Corea del Sur

- Dr. Won Young Lee (Korea Polar Research Institute); wonyounglee@kopri.re.kr; trabajo de campo

Chile

- Dr. César Cárdenas (Instituto Antártico Chileno); ccardenas@inach.cl; trabajo de campo
- Dr. Lucas Krüger (Instituto Antártico Chileno); lkruger@inach.cl; trabajo de campo

España

- Dr. Andrés Barbosa (Museo Nacional de Ciencias Naturales); barbosa@mncn.csic.es; trabajo de campo, análisis de datos

Estados Unidos

- Dr. Jefferson Hinke (NOAA, Southwest Fisheries Science Center); jefferson.hinke@noaa.gov; trabajo de campo

Francia

- Dra. AkikoKato (Centre d'Études Biologiques de Chizé); akiko.k.r@gmail.com; análisis de datos
- Dr. FredericAngelier (Centre d'Études Biologiques de Chizé); Frederic.ANGELIER@cebc.cnrs.fr ; análisis de datos
- Dr. YanRopert-Coudert (Centre d'Études Biologiques de Chizé); docyaounde@gmail.com; análisis de datos

Noruega

- Dr. Andrew Lowther (Norwegian Polar Institute); Andrew.lowther@npolar.no; trabajo de campo, análisis de datos
- Dr. EllingDeehrJohannessen (Norwegian Polar Institute); Elling.Johannessen@npolar.no; trabajo de campo, análisis de datos

Reino Unido

- Norman Ratcliffe (British Antarctic Survey) UK; notc@bas.ac.uk; trabajo de campo

Sudáfrica

- W. Chris Oosthuizen (University of Cape Town); w.chris.oosthuizen@gmail.com; trabajo de campo, análisis de datos

18. Formación prevista de recursos humanos.

En el marco de este proyecto se prevé la finalización de la tesis doctoral de AL Machado y el desarrollo de otras tesis de grado y posgrado. Se prevé el desarrollo de un programa de pasantías que permita a estudiantes de grado participar y adquirir experiencia en actividades campo en condiciones antárticas, así como estancias postdoctorales en el CURE y el dictado de cursos de posgrado en el marco de programas como PEDECIBA.

19. Actividades de difusión previstas para público no especializado.

Se espera desarrollar un plan de trabajo conjunto con los Departamentos de Relaciones Públicas y Educación del IAU para aprovechar las oportunidades que ofrece el desarrollo de este proyecto.

20. Referencias bibliográficas.

- Angelier, F., Chastel, O., Lendvai, A.Z., Parenteau, C., Weimerskirch, H., Wingfield, J.C. (2020). When do older birds better resist stress? A study of the corticosterone stress response in Snow petrels. *Biology Letters*. in press.
- Atkinson, A., Hill, S. L., Pakhomov, E. A., Siegel, V., Reiss, C. S., Loeb, V. J., ... & Saille, S. F. (2019). Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming. *Nature Climate Change*, 9(2), 142-147.
- Bannasch, R., Wilson, R. P., & Culik, B. (1994). Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental Biology*, 194(1), 83-96.
- Barbosa, A., Balagué, V., Valera, F., Martínez, A., Benzal, J., Motas, M., ... & Pedrós-Alió, C. (2016). Age-related differences in the gastrointestinal microbiota of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*). *PloSone*, 11(4), e0153215.
- Barbosa, A., Benzal, J., De León, A., & Moreno, J. (2012). Population decline of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*) on Deception Island, South Shetlands, Antarctica. *Polar Biology*, 35(9), 1453-1457.
- Barbosa, A., Varsani, A., Morandini, V., Grimaldi, W., Vanstreels, R. E., Diaz, J. I., ... & Wille, M. (2021). Risk assessment of SARS-CoV-2 in Antarctic wildlife. *Science of the Total Environment*, 755, 143352.
- Beaulieu, M., Ropert-coudert, Y., Le Maho, A., Ancel, & Criscuolo, F. (2010). Foraging in an oxidative environment: relationship between $\delta^{13}\text{C}$ values and oxidative status in Adelie Penguins. *Proceedings of the Royal Society*, B 277: 1087-1092
- Behrenfeld, M. J., O'Malley, R. T., Siegel, D. A., McClain, C. R., Sarmiento, J. L., Feldman, G. C., ... & Boss, E. S. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120), 752-755.

- Bost, C. A., Cotté, C., Terray, P., Barbraud, C., Bon, C., Delord, K., ...& Weimerskirch, H. (2015). Large-scale climatic anomalies affect marine predator foraging behaviour and demography. *Nature communications*, 6(1), 1-9.
- Brooks, C. M., Chown, S. L., Douglass, L. L., Raymond, B. P., Shaw, J. D., Sylvester, Z. T., & Torrens, C. L. (2020). Progress towards a representative network of Southern Ocean protected areas. *PloS one*, 15(4), e0231361.
- Brooks, C. M., Crowder, L. B., Curran, L. M., Dunbar, R. B., Ainley, D. G., Dodds, K. J., ... & Sumaila, U. R. (2016). Science-based management in decline in the Southern Ocean. *Science*, 354(6309), 185-187.
- Cavanagh, R. D., Melbourne-Thomas, J., Grant, S. M., Barnes, D. K., Hughes, K. A., Halfter, S., ...& Hill, S. L. (2021). Future risk for southern ocean ecosystem services under climate change. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1224.
- CCAMLR (2014). CCAMLR Ecosystem Monitoring Program - Standard Methods. Hobart, Tasmania: CCAMLR
- CCAMLR (2018).Text of the Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources.<https://www.ccamlr.org/en/organisation/camlr-convention-text#l>
- Chown, S. L., & Brooks, C. M. (2019). The state and future of Antarctic environments in a global context. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 1-30.
- Cook, A. J., P. R. Holland, M. P. Meredith, T. Murray, A. Luckman, D. Vaughan. (2016). Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. *Science* 353: 283–286.
- Davis, A.K., D.L. Maney& J.C. Maerz. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology*,22:760-777.
- Gallagher, A.J., Creel, S., Wilson, R.P., Cooke, S.J. (2017). Energy landscapes and the landscape of fear. *Trends EcolEvol.* 32(2):88–96
- Handley JM, Baylis AM, Brickley P, Pistorius P. (2016). Temporal variation in the diet of gentoo penguins at the Falkland Islands. *Polar Biol.* 39(2):283–96.
- Hazen, E. L., Maxwell, S. M., Bailey, H., Bograd, S. J., Hamann, M., Gaspar, P., ...&Shillinger, G. L. (2012). Ontogeny in marine tagging and tracking science: technologies and data gaps. *Marine Ecology Progress Series*, 457, 221-240.
- Hinke JT, Polito MJ, Goebel ME, Jarvis S, Reiss CS, Thorrold SR, et al. 2015. Spatial and isotopic niche partitioning during winter in chinstrap and Adélie penguins from the South Shetland Islands. *Ecosphere.*;6: 1–32.
- Hinke JT, Santos MM, Korczak-Abshire M, Milinevsky G, Watters GM. 2019. Individual variation in migratory movements of chinstrap penguins leads to widespread occupancy of ice-free winter habitats over the continental shelf and deep ocean basins of the Southern Ocean. *PloS one.*;14: e0226207.
- Hinke JT, Watters GM, Reiss CS, Santora JA, Santos MM. 2020. Acute bottlenecks to the survival of juvenile *Pygoscelis* penguins occur immediately after fledging. *Biology letters.*;16: 20200645.
- Hinke, J. T., Cossio, A. M., Goebel, M. E., Reiss, C. S., Trivelpiece, W. Z., Watters, G. M. (2017). Identifying risk: concurrent overlap of the Antarctic krill fishery with krill-dependent predators in the Scotia Sea. *PloS one*, 12(1).
- Hogg, C. J., Lea, M. A., Soler, M. G., Vasquez, V. N., Payo-Payo, A., Parrott, M. L., ...& Brooks, C. M. (2020). Protect the Antarctic Peninsula—before it’s too late.

- Juárez, M. A., Casaux, R., Negrete, J., Rios, A., Castillo, M., Coria, N. R., & Santos, M. M. (2020). Update of the population size and breeding performance of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) at Stranger Point/CaboFunes, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 43(2), 123-129.
- Juárez, M. A., Grech, M. G., Casaux, R., Negrete, J., Fógel, J., Coria, N. R., & Santos, M. M. (2021). Size structure of Antarctic krill inferred from samples of Pygoscelid penguin diets and those collected by the commercial krill fishery. *Marine Biology*, 168(3), 1-12.
- Kato, A., Yoshioka, A., & Sato, K. (2009). Foraging behavior of Adélie penguins during incubation period in Lützow-Holm Bay. *Polar biology*, 32(2), 181-186.
- Kennicutt II, M. C., Bromwich, D., Liggett, D., Njåstad, B., Peck, L., Rintoul, S. R., ...& Chown, S. L. (2019). Sustained Antarctic research: a 21st century imperative. *One Earth*, 1(1), 95-113.
- Korczak-Abshire M, Hinke JT, Milinevsky G, Juárez MA, Watters GM. 2021. Coastal regions of the northern Antarctic Peninsula are key for gentoo populations. *Biology letters*.;17: 20200708.
- Krüger, L., Huerta, M. F., Santa Cruz, F., & Cárdenas, C. A. (2020). Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices. *Ambio*, 50(3), 560-571.
- Le Bohec, C., Whittington, J. D., Le Maho, Y. (2013). Polar monitoring: seabirds as sentinels of marine ecosystems. En: Verde, C. and di Prisco, G. (ed.) From Pole to Pole: adaptations and evolution in marine environments. *Springer*, pp. 205 – 230.
- Lynch, H.J., Crosbie, K., Fagan, W.F., Naveen, R. (2010). Spatial patterns of tour ship traffic in the Antarctic Peninsula region. *Antarctic Science*, 22, 123-130.
- Masello, J. F., Barbosa, A., Kato, A., Mattern, T., Medeiros, R., Stockdale, J. E., ...&Quillfeldt, P. (2021). How animals distribute themselves in space: energy landscapes of Antarctic avian predators. *Movement ecology*, 9(1), 1-25.
- Massom, R., Reid, P., Stammerjohn, S., Raymond, B., Fraser, A., & Ushio, S. (2013). Change and variability in East Antarctic sea ice seasonality, 1979/80–2009/10. *PLoS One*, 8(5), e64756.
- Maxwell, M.H. & G.W. Robertson. (1998). The avian heterophil leukocyte: a review. *World's Poultry Science Journal* 54:155-178.
- Merino S, Martínez J, Møller AP, Sanabria L, de Lope F, Pérez J, et al. (1999). Phytohaemagglutinin injection assay and physiological stress in nestling house martins. *Anim Behav*. 58(1):219–22
- Michel, L. N., Danis, B., Dubois, P., Eleaume, M., Fournier, J., Gallut, C., ...& Lepoint, G. (2019). Increased sea ice cover alters food web structure in East Antarctica. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- Miller, A.K., Karnovsky N.J., Trivelpiece W.Z. (2009). Flexible foraging strategies of Gentoo penguins *Pygoscelis papua* over 5 years in the South Shetland Island, Antarctica. *Marine Biology*, 156: 2527-2537.
- Moffat, C., & Meredith, M. (2018). Shelf–ocean exchange and hydrography west of the Antarctic Peninsula: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2122), 20170164.
- Morley, S. A., Abele, D., Barnes, D. K., Cárdenas, C. A., Cotté, C., Gutt, J., ...& Waller, C. I. (2020). Global drivers on Southern Ocean ecosystems: changing physical

- environments and anthropogenic pressures in an Earth system. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1097.
- Rogers, A. D., Frinault, B. A. V., Barnes, D. K. A., Bindoff, N. L., Downie, R., Ducklow, H. W., et al. (2020). Antarctic Futures: An Assessment of Climate-Driven Changes in Ecosystem Structure, Function, and Service Provisioning in the Southern Ocean. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 12, 87–120
- Ropert-Coudert, Y., Chiaradia, A., Ainley, D., Barbosa, A., Boersma, P. D., Brasso, R., ...& Trathan, P. N. (2019). Happy feet in a hostile world? The future of penguins depends on proactive management of current and expected threats. *Frontiers in Marine Science*, 6, 248.
- Ropert-Coudert, Y., Kato, A., Grémillet, D., & Crenner, F. (2012). Bio-logging: recording the ecophysiology and behaviour of animals moving freely in their environment. *Sensors for ecology: towards integrated knowledge of ecosystems*, 1, 17-41.
- Ropert-Coudert, Y., Kato, A., Shiomi, K., Barbraud, C., Angelier, F., Delord, K., ...& Raclot, T. (2018). Two recent massive breeding failures in an Adélie penguin colony call for the creation of a marine protected area in D'Urville Sea/Mertz. *Frontiers in Marine Science*, 5, 264.
- Schoener, T. W. (1971). Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics*, 2(1), 369-404.
- Shepard, E., Cole, E. L., Neate, A., Lempidakis, E., & Ross, A. (2019). Wind prevents cliff-breeding birds from accessing nests through loss of flight control. *Elife*, 8, e43842.
- Siegert, M., Atkinson, A., Banwell, A., Brandon, M., Convey, P., Davies, B., ...& Vaughan, D. (2019). The Antarctic Peninsula under a 1.5°C global warming scenario. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 102.
- Southwell, C., Emmerson, L., McKinlay, J., Newbery, K., Takahashi, A., Kato, A., ...& Weimerskirch, H. (2015). Spatially extensive standardized surveys reveal widespread, multi-decadal increase in East Antarctic Adélie penguin populations. *PloS one*, 10(10), e0139877.
- Stammerjohn, S. E., D. G. Martinson, R. C. Smith, X. Yuan, and D. Rind.(2008). Trends in Antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to El Niño–Southern Oscillation and Southern Annular Mode variability. *Journal of Geophysical Research* 113: C03S90.
- Sylvester, Z. T., & Brooks, C. M. (2020). Protecting Antarctica through Co-production of actionable science: lessons from the CCAMLR marine protected area process. *Marine Policy*, 111, 103720.
- Trivelpiece, W. Z., Hinke, J. T., Miller, A. K., Reiss, C. S., Trivelpiece, S. G., Watters, G. M. (2011). Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(18).
- Wilson, RP.,Alvarrez, B., Latorre, L., Adelung, D., Culik, B., & Bannasch, R. (1998). The movements of gentoo penguins *Pygoscelispapua*from Ardley Island, Antarctica. *Polar Biology*, 19(6), 407-413.
- Wilson, RP.,Pütz, K., Peters, G., Culik, B., Scolaro, JA., Charassin, J-B., Ropert-Coudert, Y. (1997). Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and other seabirds. *Wildl Soc Bull.* 25:101–6

Wilson, RP., Quintana, F., Hobson, VJ. (2012). Construction of energy landscapes can clarify the movement and distribution of foraging animals. *Proc R Soc B.* 279(1730):975–80